

DIALOG(R)File 352: Derwent WPI

(c) 2010 Thomson Reuters. All rights reserved.

0009059555

WPI Acc no: 1998-130942/199812

Related WPI Acc No: 2003-650423

**Light emitting diode for use as light source, indicator - includes gallium nitride group semiconductor for emitting white light along with red, green and blue colors distributed in one pixel**

Patent Assignee: NICHIA CORP (NHIC); MORIGUCHI T (MORI-I); NOGUCHI Y (NOGU-I); SAKANO K (SAKA-I); SHIMIZU Y (SHIM-I); NICHIA KAGAKU KOGYO (NCHA); NICHIA KAGAKU KOGYO KK (NCHA)

Inventor: MORIGUCHI T; NAKANISHI E; NOGUCHI Y; SAKANO A; SAKANO K; SHIIZU Y; SHIMIZU Y; MORIGUCHI O

Patent Family ( 131 patents, 77 countries )							
Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Update	Type
WO 1998005078	A1	19980205	WO 1997JP2610	A	19970729	199812	B
AU 199736355	A	19980220	AU 199736355	A	19970729	199828	E
JP 10242513	A	19980911	JP 1997218149	A	19970728	199847	E
EP 936682	A1	19990818	EP 1997933047	A	19970729	199937	E
			WO 1997JP2610	A	19970729		
JP 11243232	A	19990907	JP 1997218149	A	19970728	199947	NCE
			JP 1998352136	A	19970728		
JP 10508693	X	19991019	WO 1997JP2610	A	19970729	200001	E
			JP 1998508693	A	19970729		
US 5998925	A	19991207	US 1997902725	A	19970729	200004	E
BR 199710792	A	20000111	BR 199710792	A	19970729	200020	E
			WO 1997JP2610	A	19970729		
US 6069440	A	20000530	US 1997902725	A	19970729	200033	E
			US 1999300315	A	19990428		
AU 720234	B	20000525	AU 199736355	A	19970729	200034	E

(19)대한민국특허청(KR)  
(12)공개특허공보(A)

(51) Int. CL. <sup>7</sup> H01L 33/00	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2003-0097578 2003년12월31일
--	------------------------	------------------------------

(21) 출원번호	10-2002-7001342		
(22) 출원일자	2002년01월30일		
번역문제출일자	2002년01월30일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP1997/02610	(87) 국제공개번호	WO 1998/05078
(86) 국제출원출원일자	1997년07월29일	(87) 국제공개일자	1998년02월05일

(62) 원출원                   특허 특1999-7000775  
                                원청구일자 : 1999년01월29일  
                                심사청구일자 : 1999년07월05일

(30) 우선권주장           JP-P-1996-00198585 1996년07월29일 일본(JP)  
                                JP-P-1996-00244339 1996년09월17일 일본(JP)  
                                JP-P-1996-00245381 1996년09월18일 일본(JP)  
                                JP-P-1996-00359004 1996년12월27일 일본(JP)  
                                JP-P-1997-00081010 1997년03월31일 일본(JP)

(71) 출원인               니치아 카가쿠 고교 가부시기가이샤  
                                일본 도쿠시마켄 아난시 가미나카초 오카 491번지 100, 일본

(72) 발명자               시미즈요시노리  
                                774-8601일본도쿠시마아난-시가미나카초오카491-100니치아케미컬인더스트리스내,  
                                일본  
                                사카노켄쇼  
                                774-8601일본도쿠시마아난-시가미나카초오카491-100니치아케미컬인더스트리스내,  
                                일본  
                                노구치야스노부  
                                774-8601일본도쿠시마아난-시가미나카초오카491-100니치아케미컬인더스트리스내,  
                                일본  
                                모리구치도시오  
                                774-8601일본도쿠시마아난-시가미나카초오카491-100니치아케미컬인더스트리스내,  
                                일본

(74) 대리인               김병진

    심사청구 : 있음

(54) 발광다이오드의 제조방법

요약

(Y<sub>1-r</sub>, Gd<sub>r</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> :CE으로 이루어지고, 상기 식에서 0≤r≤1이고 Al중 일부가 Ga 및/또는 In으로 치환될 수도 있는 형광 물질을 마련하는 단계; 슬러리를 만들기 위해 상기 형광 물질을 반투명 수지와 혼합하는 단계; 상기 슬러리를 청색 발광 다이오드 칩이 탑재되어 있는 마운트상에 주입하는 단계; 상기 형광 물질을 포함하고, 상기 발광 다이오드 칩을 직접 또는 간접적으로 피복하며, 흡수된 청색광의 것과 다른 파장의 광을 발생하는 피복물을 만들기 위해, 상기 슬러리를 경화시키는 단계를 구비하여, 상기 피복물에 의해 발생된 광과 상기 피복물에 흡수되지 않은 상기 청색 발광 다이오드 칩으로부터 나온 광의 조합이 백색광을 만들도록 함을 특징으로 한다. 그 결과, 발광 다이오드는, 원하는 색을 가지는 광을 발광할 수 있고, 장시간 고휘도 사용에서도 발광효율의 열화가 적으며, 내후성에 뛰어나다.

## 대표도

도1

## 색인어

발광장치

## 명세서

### 도면의 간단한 설명

도 1 은 본발명에 따른 실시형태의 리드타입 발광 다이오드의 모식적 단면도이다.

도 2 는 본발명에 따른 실시형태의 칩타입 발광 다이오드의 모식적 단면도이다.

도 3A 는 실시형태1의 세륨으로 활성화된 가넷계 형광체의 여기 스펙트럼 (excitation spectrum)을 나타낸 그래프이다.

도 3B 는 실시형태1의 세륨으로 활성화된 가넷계형광체의 발광스펙트럼 (emission spectrum)을 나타낸 그래프이다.

도 4 는 실시형태1의 발광 다이오드의 발광스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 5A 는 실시형태2의 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체의 여기 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.

도 5B 는 실시형태2의 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체의 발광스펙트럼을 나타낸 그래프이다.

도 6 은 실시형태2의 발광 다이오드의 발광색을 설명하기 위한 색도 도면으로, 도면중 A점, B점은 발광소자가 발광하는 광의 발광색을 나타내고, C점, D점은 각각 2종류의 포토루미네선스형광체로부터의 발광색을 나타낸다.

도 7 은 본발명에 따른 다른 실시형태의 평면형 발광광원의 모식적 단면도이다.

도 8 은 도 7과는 다른 평면형 발광광원의 모식적 단면도이다.

도 9 는 도 7 및 도 8과는 다른 평면형 발광광원의 모식적 단면도이다.

도 10 은 본원발명의 응용예인 표시장치의 블록도이다.

도 11 은 도10에 따른 표시장치의 LED 표시기의 평면도이다.

도 12 는 본원발명의 발광 다이오드 및 RGB의 4개의 발광 다이오드를 이용해서 일 화소를 구성한 LED 표시기의 평면도이다.

도 13A 는 실시예1 및 비교예1에 따른 발광 다이오드의 수명시험결과를 나타낸 그래프로, 25℃에서의 결과이다.

도 13B 는 실시예1 및 비교예1에 따른 발광 다이오드의 수명시험결과를 나타낸 그래프로, 60℃, 90%RH에서의 결과이다.

도 14A 는 실시예9 및 비교예2의 내후성(weatherability)시험결과를 나타낸 그래프로, 경과시간에 대한 휘도유지율을 나타낸다.

도 14B 는 실시예9 및 비교예2의 내후성시험결과를 나타낸 그래프로, 시험전후의 색조변화를 나타낸다.

도 15A 는 실시예9 및 비교예2에 따른 발광 다이오드의 신뢰성 시험에서의 휘도유지율과 시간과의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 15B 는 실시예9 및 비교예2에 따른 발광다이오드의 신뢰성시험에서의 색조와 시간과의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 16 은 표1에 나타난 형광체와 피크 파장 465nm인 청색 LED를 조합한 발광 다이오드에 의해 실현할 수 있는 색재현범위를 나타낸 색도 도면이다.

도 17 은 표1에 나타난 형광체와 피크파장 465nm인 청색 LED를 조합한 발광 다이오드에서 형광체의 함유량을 변화시켰을 때의 발광색의 변화를 나타낸 색도 도면이다.

도 18A 는  $(Y_{0.6} Gd_{0.4})_3 Al_5 O_{12} : Ce$ 로 표시되는 실시예2의 포토루미네선스형광체의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 18B 는 발광 피크 파장 460nm을 가지는 실시예2의 발광소자의 발광스펙트럼을 나타낸다.

도 18C 는 실시예2의 발광 다이오드의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 19A 는  $(Y_{0.2} Gd_{0.8})_3 Al_5 O_{12} : Ce$ 로 표시되는 실시예5의 포토루미네선스형광체의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 19B 는 발광 피크 파장 450nm을 가지는 실시예5의 발광소자의 발광스펙트럼을 나타낸다.

도 19C 는 실시예5의 발광 다이오드의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 20A 는  $Y_3 Al_5 O_{12} : Ce$ 로 표시되는 실시예6의 포토루미네선스형광체의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 20B 는 발광 피크 파장 450nm을 가지는 실시예6의 발광소자의 발광스펙트럼을 나타낸다.

도 20C 는 실시예6의 발광 다이오드의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 21A 는  $Y_3 (Al_{0.5} Ga_{0.5})_5 O_{12} : Ce$ 로 표시되는 실시예7의 포토루미네선스형광체의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 21B 는 발광 피크 파장 450nm을 가지는 실시예7의 발광소자의 발광스펙트럼을 나타낸다.

도 21C 는 실시예7의 발광 다이오드의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 22A 는  $(Y_{0.8} Gd_{0.2})_3 Al_5 O_{12} : Ce$ 로 표시되는 실시예11의 포토루미네선스형광체의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 22B 는  $(Y_{0.4} Gd_{0.6})_3 Al_5 O_{12} : Ce$ 로 표시되는 실시예11의 포토루미네선스형광체의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 22C 는 발광 피크 파장 470nm을 가지는 실시예11의 발광소자의 발광스펙트럼을 나타낸다.

도 23 은 실시예11의 발광 다이오드의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

100, 200, 501 : 발광 다이오드 101, 201, 701 : 코팅부

102, 202, 702 : 발광소자 103, 203 : 와이어

104 : 몰드부재 105 : 마운트 리드

105a : 컵부 105b : 리드부

106 : 인너리드 204 : 발광채시

205 : 단자금속 504 : 채시

505 : 차광부재 506 : 실리콘고무

601 : LED 표시기 602 : 드라이버 회로

603 : 화상데이터 기억수단 604 : 계조 제어수단

610 : 구동회로 703 : 금속기판

704, 707 : 도광판 705 : 반사부재

706 : 산란시트

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야 종래기술

본원발명은 LED 디스플레이, 백라이트 광원, 신호기, 조명식 스위치 및 각종 인디케이터 등에 이용되는 발광 다이오드에 관한 것으로, 특히 발광소자가 발생시키는 광의 파장을 변환시켜 발광하는 포토루미네선스형광체를 구비한 발광장치 및 그것을 이용한 표시장치에 관한 것이다.

발광 다이오드는, 소형이고 효율적으로 선명한 색의 광을 발광할 수 있으며, 반도체소자이기 때문에 소실 염려가 없고, 초기구동특성 및 내진성이 뛰어나고, ON/OFF 점등의 반복에 강하다는 특성을 가진다. 이에 따라, 각종 인디케이터와 여러가지 광원으로서 널리 이용되고 있다. 또, 최근에는 초고휘도, 고효율의 RGB(적, 녹, 청색) 발광다이오드가 각각 개발되어, 이들 발광 다이오드를 이용한 대형화면의 LED 디스플레이가 사용되게 되었다. 이 LED 디스플레이는 적은 전력으로 동작시킬 수 있고, 경량이면서 수명이 길다는 우수한 특성을 가지므로, 이후 더욱더 많이 사용될 것으로 기대된다.

그리고, 최근에는 발광 다이오드를 이용해서 백색발광광원을 구성하려는 시도가 여러가지 이루어지고 있다. 발광 다이오드를 이용해서 백색광을 얻기 위해서는, 발광 다이오드가 단색성 피크파장을 가지므로 예를들어 R, G, B 3가지 발광소자를 근접 설치해서 발광시켜서 확산혼색시킬 필요가 있다. 이러한 구성으로 백색광을 발생시키고자 했을 경우, 발광소자의 색조나 휘도 등의 변화로 인해 원하는 백색을 발생시킬 수 없다는 문제점이 있었다. 또, 발광소자가 각각 다른 재료로 형성되어 있는 경우, 각 발광소자의 구동전력 등이 달라 각각에 소정의 전압을 인가해야 하므로, 구동회로가 복잡해지는 문제점이 있었다. 더욱이, 발광소자가 반도체발광소자이기 때문에, 각각의 온도특성과 시간 경과에 따른 변화가 다르고, 색조가 사용환경에 따라 변화되거나 각 발광소자에 의해 발생하는 광을 균일하게 혼색시키지 못해 색얼룩이 생기는 등 많은 문제점을 가지고 있었다. 즉, 발광 다이오드는, 각각의 색을 발광시키는 발광장치로서는 유효했지만, 발광소자를 이용해서 백색광을 발생시킬 수 있는 만족스러운 광원은 얻을 수 없었다.

그래서, 본출원인은 먼저 발광소자에 의해 발생된 광이 형광체에서 색변환되어 출력되는 발광 다이오드를, 특개평 5-152609호 공보, 특개평 7-99345호 공보, 특개평 7-176794호 공보, 특개평 8-7614호 공보 등에 발표했다. 이들에 개시된 발광 다이오드는 1종류의 발광소자를 이용해서 백색계 등 다른 발광색을 발광시킬 수 있는 것으로, 다음과 같이 구성되어 있다.

상기 공보에 개시된 발광 다이오드는, 구체적으로는, 발광층의 에너지밴드갭이 큰 발광소자를 리드프레임의 선단에 설치된 칩 위에 배치하고, 발광소자를 피복하는 수지몰드부재 속에 발광소자로부터의 광을 흡수해서 흡수한 광과 파장이 다른 광을 발광시키는(파장 변환) 형광체를 함유시켜 구성한다.

상기 개시된 발광 다이오드에 있어서, 발광소자로 청색계 발광이 가능한 발광소자를 이용하고, 해당 발광소자를 그 발광을 흡수해서 황색계 광을 발광시키는 형광체를 함유한 수지에 의해 몰드함으로써, 혼색에 의해 백색계 광을 발광시킬 수 있는 발광 다이오드를 제작할 수 있다.

#### **발명이 이루고자하는 기술적 과제**

그러나, 종래의 발광 다이오드는, 형광체의 열화로 인해 색조가 변하거나 또는 형광체가 거무스름해져서 광의 외부 추출효율이 저하되는 경우가 있다는 문제점이 있었다. 여기서, 거무스름해진다는 것은, 예를들어 (Cd, Zn)S 형광체 등의 무기계형광체를 이용한 경우에는 이 형광체를 구성하는 금속원소의 일부가 석출되거나 변질되거나 해서 착색되는 것을 말하고, 또 유기계 형광체재료를 이용한 경우에는 2중결합이 끊어지는 등에 의해 착색되는 것을 말한다. 특히, 발광소자인 고에너지밴드갭을 가지는 반도체를 이용해서 형광체의 변환효율을 향상시킨 경우(즉, 반도체에 의해 발광되는 광의 에너지가 높아지고, 형광체가 흡수할 수 있는 문턱값 이상의 광이 증가하여, 보다 많은 광이 흡수된다.), 또는 형광체의 사용량을 줄인 경우(즉, 상대적으로 형광체에 조사되는 에너지량이 많아진다.) 등에는 형광체가 흡수하는 광의 에너지가 필연적으로 높아지므로, 형광체의 열화가 두드러진다. 또, 발광소자의 발광강도를 더 높여서 장기간에 걸쳐 사용하면, 형광체의 열화가 더 심해진다.

또, 발광소자의 근방에 설치된 형광체는, 발광소자의 온도 상승이나 외부환경(예를들어, 옥외에서 사용되었을 경우 태양광에 의한 것 등)에 의해 고온에도 노출되어 이 열에 의해 열화되는 경우가 있다.

그리고, 형광체에 따라서는, 외부에서 침입하는 수분이나 제조시에 내부에 함유된 수분과, 상기 광 및 열에 의해 열화가 촉진되는 것도 있다.

또, 이온성 유기염료를 사용하면, 칩 근방에서는 직류전계에 의해 전기영동(electrophoresis)을 일으켜 색조가 변하는 경우가 있다.

본원발명은 상기 과제를 해결하기 위해 이루어진 것으로, 보다 고휘도로 장시간 사용환경하에서도 발광강도 및 발광효율의 저하나 색변화가 극히 적은 발광장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 발명의 구성 및 작용

본발명자들은, 이 목적을 달성하기 위해, 발광소자와 형광체를 구비한 발광장치에 있어서,

(1) 발광소자로는, 고휘도 발광이 가능하고, 그 발광특성이 장기간 사용에 대해 안정되어 있는 것,

(2) 형광체로는, 상술한 고휘도 발광소자에 근접 설치되고, 해당 발광소자에서 나오는 강한 광에 노출되어 장기간 사용한 경우에도, 특성변화가 적은 내광성 및 내열성 등이 뛰어난 것(특히 발광소자 주변에 근접 배치되는 형광체는, 우리의 검토에 따르면 태양광에 비해 약 30배-40배에 달하는 강도를 가지는 광에 노출되므로, 발광소자로 고휘도인 것을 사용하면 할수록 형광체에 요구되는 내광성은 엄격해진다),

(3) 발광소자와 형광체와의 관계로는, 형광체가 발광소자로부터의 스펙트럼폭을 가지는 단색성 피크 파장의 광을 효율적으로 흡수함과 동시에 효율적으로 다른 발광파장을 발광할 수 있는 것,

등 이 필요하다고 생각하고 예의 검토한 결과, 본발명을 완성했다.

즉, 본발명의 발광장치는, 발광층이 반도체인 발광소자와, 해당 발광소자에 의해 발광된 광의 일부를 흡수해서 흡수한 광의 파장과 다른 파장을 가지는 광을 발광하는 포토루미네선스형광체를 구비한 발광장치에 있어서,

상기 발광소자의 발광층이 질화물계화합물반도체로 이루어지고, 상기 포토루미네선스형광체가, Y, Lu, Sc, La, Gd 및 Sm으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나의 원소와, Al, Ga 및 In으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하고, 그리고 세륨으로 활성화된 가넷(garnet)계 형광체를 포함하는 것을 특징으로 한다.

여기서, 질화물계화합물반도체(일반식  $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$ , 단  $0 \leq i, 0 \leq j, 0 \leq k, i+j+k=1$ )로는 InGa<sub>N</sub>, 각종 불순물이 도핑된 GaN을 비롯, 여러가지 것이 포함된다.

또, 상기 포토루미네선스형광체로는  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ ,  $\text{Gd}_3\text{In}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ 를 비롯해서, 상기과 같이 정의되는 각종의 것이 포함된다.

또한, 본 발명의 발광장치의 제조방법은  $(\text{Y}_{1-r}\text{Gd}_r)_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{CE}$ 으로 이루어지고, 상기 식에서  $0 \leq r \leq 1$ 이고 A 1중 일부가 Ga 및/또는 In으로 치환될 수도 있는 형광 물질을 마련하는 단계; 슬러리를 만들기 위해 상기 형광 물질을 반투명 수지와 혼합하는 단계; 상기 슬러리를 청색 발광 다이오드 칩이 탑재되어 있는 마운트상에 주입하는 단계; 상기 형광 물질을 포함하고, 상기 발광 다이오드 칩을 직접 또는 간접적으로 피복하며, 흡수된 청색광의 것과 다른 파장의 광을 발생하는 피복물을 만들기 위해서, 상기 슬러리를 경화시키는 단계를 구비하여, 상기 피복물에 의해 발생된 광과 상기 피복물에 흡수되지 않은 상기 청색 발광 다이오드 칩으로부터 나온 광의 조합이 백색광을 만들도록 함을 특징으로 한다.

본원발명의 발광장치는, 고휘도 발광이 가능한 질화물계화합물반도체로 이루어진 발광소자를 사용하고 있으므로, 고휘도로 발광시킬 수 있다. 또, 해당 발광 장치에서, 사용하고 있는 상기 포토루미네선스형광체는, 장시간, 강한 광에 노출되더라도 형광특성의 변화가 적은 매우 내광성이 뛰어난 것이다. 따라서, 장시간 사용에 대해 특성 열화를 줄일 수 있고, 발광소자로부터의 강한 광 뿐만아니라 야외사용시 등 외래광(자외선을 포함한 태양광 등)에 의한 열화도 줄일 수 있으며, 색변화나 휘도저하가 극히 적은 발광장치를 제공할 수 있다. 또, 본원발명의 발광장치는, 사용하고 있는 상기 포토루미네선스형광체가 단잔광(短殘光)이기 때문에, 예를들어 120nsec라는 비교적 빠른 응답속도가 요구되는 용도에도 사용할 수 있다.

본발명의 발광 다이오드에서는, 상기 포토루미네선스형광체가 Y와 Al을 포함하는 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체(yttrium-aluminum-garnet fluorescent material)를 포함하는 것이 바람직하고, 이에 따라 발광장치의 휘도를 높일 수 있다.

본발명의 발광장치에서는 상기 포토루미네선스형광체로 일반식  $(\text{Re}_{1-r}\text{Sm}_r)_3(\text{Al}_{1-s}\text{Ga}_s)_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되는 형광체를 사용할 수 있고 (단,  $0 \leq r < 1, 0 \leq s \leq 1$ , Re는 Y, Gd에서 선택되는 적어도 일종이다.), 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체를 이용한 경우와 동일한 우수한 특성을 얻을 수 있다.

또, 본발명의 발광장치에서는, 발광특성(발광파장, 발광강도 등)의 온도의존성을 줄이기 위해 상기 포토루미네선스형광체로 일반식  $(Y_{1-p-q-r} \text{ Gd}_p \text{ Ce}_q \text{ Sm}_r)_3 (\text{Al}_{1-s} \text{ Ga}_s)_5 \text{O}_{12}$  로 표시되는 형광체(단,  $0 \leq p \leq 0.8$ ,  $0.003 \leq q \leq 0.2$ ,  $0.0003 \leq r \leq 0.08$ ,  $0 \leq s \leq 1$ )를 사용하는 것이 바람직하다.

또, 본발명의 발광장치에 있어서 상기 포토루미네선스형광체는, 각각 Y와 Al을 포함해서 이루어지는 서로 조성비 다른 2이상의, 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체를 포함할 수도 있다. 이렇게 함으로써, 발광소자의 특성(발광파장)에 대응하도록 포토루미네선스형광체의 발광스펙트럼을 조정해서, 원하는 발광색을 발광시킬 수 있다.

더욱이, 본발명의 발광장치에서는, 발광장치의 발광파장을 소정의 값으로 설정하기 위해서, 상기 포토루미네선스형광체는 각각 일반식  $(\text{Re}_{1-r} \text{ Sm}_r)_3 (\text{Al}_{1-s} \text{ Ga}_s)_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$ (단,  $0 \leq r < 1$ ,  $0 \leq s \leq 1$ , Re는 Y, Gd에서 선택되는 적어도 일종이다.)로 표시되고 서로 조성비 다른 2이상의 형광체를 포함하는 것이 바람직하다.

또, 본발명의 발광장치에 있어서는, 발광파장을 조정하기 위해 상기 포토루미네선스형광체는 일반식  $\text{Y}_3 (\text{Al}_{1-s} \text{ Ga}_s)_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되는 제1형광체와, 일반식  $\text{Re}_3 \text{Al}_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되는 제2형광체를 포함할 수도 있다.

단,  $0 \leq s \leq 1$ , Re는 Y, Gd, La에서 선택되는 적어도 일종이다.

또, 본발명의 발광장치에서는, 발광파장을 조정하기 위해 상기 포토루미네선스형광체는, 각각 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체에 있어서 이트륨의 일부가 가돌리늄(gadolinium)으로 치환되고, 서로 치환량이 다른 제1형광체와 제2형광체를 포함하도록 할 수도 있다.

그리고, 본발명의 발광장치에 있어서, 상기 발광소자의 발광스펙트럼의 주요 피크가 400nm에서 530nm 범위내에 설정되고, 상기 포토루미네선스형광체의 주발광파장이 상기 발광소자의 주요피크보다 길게 설정되는 것이 바람직하다. 이에 따라, 백색계 광을 효율적으로 발광시킬 수 있다.

또, 상기 발광소자에 있어서, 해당 발광소자의 발광층이 In을 포함하는 질화갈륨계반도체를 포함해서 이루어지고, 상기 포토루미네선스형광체가, 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체에 있어서 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체의 Al의 일부가 Ga에 의해  $\text{Ga} : \text{Al} = 1 : 1$ 에서  $4 : 6$ 의 범위내 비율이 되도록 치환되고, 그리고 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체의 Y의 일부가 Gd에 의해  $\text{Y} : \text{Gd} = 4 : 1$ 에서  $2 : 3$ 의 범위내 비율이 되도록 치환되어 있는 것이 더 바람직하다. 이렇게 조정된 포토루미네선스형광체의 흡수 스펙트럼은, 발광층으로서 In을 포함한 질화갈륨계반도체를 가지는 발광소자의 발광하는 광의 파장과 매우 잘 일치하므로, 변환효율(발광효율)을 좋게 할 수 있다. 또, 발광소자의 청색광과 형광체의 형광광과의 혼합에 의한 광은 연색성(color rendering)이 좋은 양질의 백색이 되고, 그 점에서 매우 우수한 발광장치를 제공할 수 있다.

본발명의 일형태에 따른 발광장치는, 그 일측면에 상기 포토루미네선스형광체를 통해 상기 발광소자가 설치되고, 그리고 그 일 주표면(one principal surface)을 제외한 표면이 실질적으로 반사부재로 덮인 대략 사각형상의 도광판(optical guide plate)을 구비하여, 상기 발광소자가 발광시킨 광을 상기 포토루미네선스형광체와 도광판을 통해 평면광으로 만들어 상기 도광판의 상기 일 주표면에서 출력하는 것을 특징으로 한다.

본발명의 다른 형태에 따른 발광장치는, 그 일측면에 상기 발광소자가 설치되고, 그 일 주표면에 상기 포토루미네선스형광체가 설치되며, 상기 일 주표면을 제외한 표면이 실질적으로 반사부재로 덮인 대략 사각형상의 도광판을 구비하여, 상기 발광소자가 발광한 광을 도광판과 상기 포토루미네선스형광체를 통해 평면형태로 만들어 상기 도광판의 상기 일주표면에서 출력하는 것을 특징으로 한다.

또, 본발명의 LED 표시장치는, 본발명의 발광장치를 매트릭스형태로 배치한 LED 표시기와, 이 LED 표시기를 입력받는 표시 데이터에 따라 구동시키는 구동회로를 구비한다. 이것에 의해, 고정세 표시가 가능하고, 보는 각도에 따라 색일록이 적은 비교적 저렴한 LED 표시장치를 제공할 수 있다.

본발명의 일형태에 따른 발광장치는, 컵부와 리드부를 가지는 마운트·리드(mount lead)와,

상기 마운트·리드의 컵 내에 놓여지고, 일방의 전극이 마운트·리드에 전기적으로 접속된 LED 칩과,

해당 LED 칩의 타방의 전극에 전기적으로 접속시킨 인너·리드와,

상기 LED 칩을 감싸도록 상기 컵 내에 충전된 투광성 코팅부재와,

상기 마운트·리드의 컵부와, 상기 인너·리드와 해당 LED 칩의 타방의 전극과의 접속부분을 포함하고, 상기 코팅 부재로 덮인 LED 칩을 피복하는 몰드부재를 가지는 발광 다이오드에 있어서,

상기 LED 칩이 질화물계화합물반도체이고, 상기 코팅부재가 Y, Lu, Sc, La, Gd 및 Sm으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나의 원소와, Al, Ga 및 In으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하고, 세륨으로 활성화된 가넷계 형광체로 이루어진 포토루미네선스형광체를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본발명의 발광 다이오드에서는, 상기 포토루미네선스형광체가, Y와 Al을 포함하는 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체를 포함하는 것이 바람직하다.

또, 본발명의 발광다이오드에서는, 상기 포토루미네선스형광체로 일반식  $(\text{Re}_{1-r} \text{Sm}_r)_3 (\text{Al}_{1-s} \text{Ga}_s)_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$  로 표시되는 형광체(단,  $0 \leq r < 1$ ,  $0 \leq s \leq 1$ , Re는 Y, Gd에서 선택되는 적어도 일종이다.)를 사용할 수도 있다.

또, 본발명의 발광 다이오드에서는, 상기 포토루미네선스형광체로 일반식  $(\text{Y}_{1-p-q-r} \text{Gd}_p \text{Ce}_q \text{Sm}_r)_3 (\text{Al}_{1-s} \text{Ga}_s)_5 \text{O}_{12}$  로 표시되는 (단,  $0 \leq p \leq 0.8$ ,  $0.003 \leq q \leq 0.2$ ,  $0.0003 \leq r \leq 0.08$ ,  $0 \leq s \leq 1$ ) 형광체를 사용할 수도 있다.

본발명의 발광다이오드에서는 발광파장을 원하는 파장으로 조정하기 위해, 상기 포토루미네선스형광체가, 각각 Y와 Al을 포함해서 이루어지는 서로 조성이 다른 2이상의 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체를 포함하는 것이 바람직하다.

본발명의 발광 다이오드에서는 마찬가지로 발광 파장을 원하는 파장으로 조정하기 위해서, 상기 포토루미네선스형광체로, 각각 일반식  $(\text{Re}_{1-r} \text{Sm}_r)_3 (\text{Al}_{1-s} \text{Ga}_s)_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되고(단,  $0 \leq r < 1$ ,  $0 \leq s \leq 1$ , Re는 Y, Gd에서 선택되는 적어도 일종이다.) 서로 조성이 다른 2이상의 형광체를 사용할 수도 있다.

본발명의 발광 다이오드에서는 마찬가지로 발광파장을 원하는 파장으로 조정하기 위해, 상기 포토루미네선스형광체로, 일반식  $\text{Y}_3 (\text{Al}_{1-s} \text{Ga}_s)_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되는 제1형광체와, 일반식  $\text{Re}_3 \text{Al}_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되는 제2형광체를 사용할 수도 있다. 여기서,  $0 \leq s \leq 1$ , Re는 Y, Gd, La에서 선택되는 적어도 일종이다.

본발명의 발광 다이오드에서는 마찬가지로 발광파장을 원하는 파장으로 조정하기 위해, 상기 포토루미네선스형광체로, 각각 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체에 있어서 제1및 제2형광체의 이트륨의 일부가 가돌리늄으로 치환되어 이루어지고, 서로 치환량이 다른 제1형광체와 제2형광체를 사용할 수 있다.

또, 일반적으로 형광체에서는, 단파장 광을 흡수해서 장파장 광을 발광하는 것이, 장파장 광을 흡수해서 단파장 광을 발광하는 것에 비해 효율이 좋다. 발광소자로는, 수지(몰드부재나 코팅부재 등)를 열화시키는 자외선광을 발광시키는 것보다 가시광을 발광시키는 것을 사용하는 것이 바람직하다. 따라서, 본발명에 따른 발광 다이오드에서는, 발광효율 향상 및 수명연장을 위해서, 상기 발광소자의 발광 스펙트럼의 주요피크를 가시광 중에서 비교적 단파장인 400nm에서 530nm 범위내에 설정하고, 그리고 상기 포토루미네선스형광체의 주발광파장을 상기 발광소자의 주요피크보다 길게 설정하는 것이 바람직하다. 또, 이렇게 함으로써, 형광체에 의해 변환된 광은 발광소자가 발광하는 광보다 장파장이므로, 형광체 등에 의해 반사된 변환후의 광이 발광소자에 조사되더라도 발광소자에 의해 흡수되지는 않는다(밴드갭에너지보다 변환된 광의 에너지가 작기 때문). 이와 같이, 형광체 등에 의해 반사된 광은 발광 소자를 올려놓은 칩에 의해 반사되어 더 효율적으로 발광할 수 있게 된다.

이하, 도면을 참조해서 본발명의 실시형태를 설명한다.

도 1의 발광 다이오드(100)는, 마운트·리드(105)와 인너·리드(106)를 구비한 리드타입 발광 다이오드로, 마운트·리드(105)의 컵부(105a) 위에 발광소자(102)가 설치되고, 컵부(105a)내에 발광소자(102)를 감싸도록 소정의 포토루미네선스형광체를 포함한 코팅수지(101)가 충전된 후에 수지 몰드되어 구성된다. 여기서, 발광소자(102)의 n측전극 및 p측전극은 각각 마운트·리드(105)와 인너·리드(106)에 와이어(103)를 통해 접속된다.

상기와 같이 구성된 발광 다이오드에 있어서는, 발광소자(LED 칩)(102)에 의해 발광된 광(이하, LED광이라 함)의 일부가, 코팅수지(101)에 함유된 포토루미네선스형광체를 여기서서 LED광과 다른 파장의 형광을 발생시킴으로써, 포토루미네선스형광체가 발생하는 형광과, 포토루미네선스형광체의 여기에 상관없이 출력되는 LED광이 혼합되어 출력된다. 그 결과, 발광 다이오드(100)는 발광소자(102)가 발생시키는 LED광과는 파장이 다른 광도 출력한다.

또, 도 2에 도시한 것은 칩 타입 발광 다이오드로, 세시(204)의 요부에 발광소자(LED칩)(202)가 설치되고, 해당 요부에 소정의 포토루미네선스형광체를 포함한 코팅재가 충전됨으로써 코팅부(201)가 형성되어 구성된다. 여기서,



발광소자(202)는 예를들어 Ag를 함유시킨 에폭시수지 등에 의해 고정되고, 해당 발광소자(202)의 n측전극과 p측전극은 각각 새시(204)에 설치된 단자금속(205)에 도전성 와이어(203)를 통해 접속된다.

상기와 같이 구성된 칩타입 발광 다이오드에 있어서, 도1의 리드타입 발광 다이오드와 마찬가지로, 포토루미네선스형광체가 발생하는 형광과, 포토루미네선스형광체에 흡수되지 않고 전달된 LED광이 혼색되어 출력되고, 그 결과 발광 다이오드(200)는 발광소자(102)가 발생하는 LED광과는 파장이 다른 광도 출력한다.

상술한 포토루미네선스형광체를 구비한 발광 다이오드는 다음과 같은 특징을 가진다.

1. 통상, 발광소자(LED)에서 방출되는 광은 발광소자에 전력을 공급하는 전극을 통해 방출된다. 방출된 광은, 발광소자에 형성된 전극의 음이 되고, 특정의 발광 패턴을 가지고, 그로 인해 모든 방향으로 균일하게 방출되지는 못한다. 그러나, 형광체를 구비한 발광 다이오드는, 형광체에 의해 발광소자로부터의 광을 산란시켜서 광을 방출하므로, 불필요한 발광 패턴을 형성하는 일 없이 넓은 범위로 균일하게 광을 방출할 수 있다.

2. 발광소자(LED)로부터의 광은, 단색성 피크를 가진다고 해도 어느 정도의 스펙트럼폭을 가지므로 연색성이 높다. 이것은, 비교적 넓은 범위의 파장을 필요로 하는 광원으로서 사용할 경우에는 없어서는 안 될 장점이 된다. 예를들어, 스캐너의 광원 등으로 사용할 경우에는 스펙트럼폭이 넓은 것이 바람직하다.

이하에 설명하는 실시형태1, 2의 발광 다이오드는, 도1 또는 도2에 도시한 구조를 가지는 발광 다이오드에 있어서, 가시광대역의 광에너지가 비교적 높은 질화물계화합물반도체를 이용한 발광소자와, 특정의 포토루미네선스형광체를 조합한 것을 특징으로 한다. 따라서, 고휘도로 발광할 수 있게 하고, 장시간 사용에 대해 발광효율의 저하나 색변화가 적다는 양호한 특성을 가진다.

일반적으로 형광체에 있어서는, 단파장의 광을 흡수해서 장파장의 광을 방출하는 형광체가 장파장의 광을 흡수해서 단파장의 광을 방출하는 형광체에 비해 변환효율이 높으므로, 본발명의 발광 다이오드에서는 단파장의 청색계 발광이 가능한 질화갈륨계반도체발광소자(발광소자)를 사용하는 것이 바람직하다. 또, 고휘도의 발광소자를 이용하는 것이 바람직하다.

이러한 질화갈륨계반도체발광소자와 조합해서 사용하기에 적합한 포토루미네선스형광체로는,

1. 발광소자(102, 202)에 근접 설치되어, 태양광의 약 30배에서 40배에 달하는 강한 광에 노출되게 되므로, 강한 강도의 광 조사에 대해 장시간 견딜 수 있는 내광성이 우수한 것.

2. 발광소자(102, 202)에 의해 여기되도록, 발광소자의 발광으로 효율적으로 발광하는 것. 특히, 혼색을 이용할 경우, 자외선이 아닌 청색계 발광으로 효율적으로 발광하는 것.

3. 청색계 광과 혼색되어 백색이 되도록, 녹색계에서 적색계 광을 발광할 수 있는 것.

4. 발광소자(102, 202)에 근접 설치되어, 해당 칩을 발광시킬 때의 발열에 의한 온도변화의 영향을 받으므로, 온도특성이 양호한 것.

5. 색조를 조성비 또는 복수 형광체의 혼합비를 변화시킴으로써 연속적으로 변화시킬 수 있는 것.

6. 발광 다이오드의 사용환경에 따른 내후성이 있는 것.

등의 특성이 요구된다.

#### 실시형태1

본원발명에 따른 실시형태1의 발광 다이오드는, 발광층에 고에너지밴드갭을 가지고, 청색계 발광이 가능한 질화갈륨계화합물반도체소자와, 황색계 발광이 가능한 포토루미네선스형광체인 세륨으로 활성화된 가넷계포토루미네선스형광체를 조합시킨 것이다. 이에 따라, 본실시형태1의 발광 다이오드에 있어서는, 발광 소자(102, 202)로부터의 청색계 발광과, 그 발광에 의해 여기된 포토루미네선스형광체로부터의 황색계 발광광과의 혼색에 의해 백색계 발광이 가능해진다.

또, 본실시형태1의 발광 다이오드에 사용된 세륨으로 활성화된 가넷계포토루미네선스형광체는 내광성 및 내후성을 가지므로, 발광소자(102, 202)로부터 방출된 가시광대역의 고에너지광을 장시간 그 근방에서 고휘도로 조사한 경우에도 발광색의 색변화나 발광휘도의 저하가 매우 적은 백색광을 발광할 수 있다.

이하, 본실시형태1에 따른 발광 다이오드의 각 구성부재에 대해 상세히 설명한다.

(포토루미네선스형광체)

본 실시형태1의 발광 다이오드에 사용되는 포토루미네선스형광체는, 반도체 발광층에서 발광된 가시광과 자외선에 의해 여기되고, 여기된 광과 다른 파장을 가지는 광을 발광하는 포토루미네선스형광체이다. 구체적으로는 포토루미네선스형광체는, Y, Lu, Sc, La, Gd 및 Sm에서 선택된 적어도 하나의 원소와, Al, Ga 및 In에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하고, 세륨으로 활성화된 가넷계형광체이다. 본 발명에서는, 형광체로, Y와 Al을 포함하고 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체, 또는 일반식  $(\text{Re}_{1-r} \text{Sm}_r)_3 (\text{Al}_{1-s} \text{Ga}_s)_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$  (단,  $0 \leq r < 1$ ,  $0 \leq s \leq 1$ , Re는 Y, Gd에서 선택되는 적어도 일종)로 표시되는 형광체를 이용하는 것이 바람직하다. 질화갈륨계화합물반도체를 이용한 발광소자가 발광하는 LED광과, 보디칼라(body color)가 황색인 포토루미네선스형광체가 발광하는 형광광이 보색관계에 있는 경우, LED광과 형광광을 혼합해서 출력함에 따라 전체적으로 백색계 광을 출력할 수 있다.

본 실시형태1에 있어서, 이 포토루미네선스형광체는, 상술한 바와 같이 코팅수지(101), 코팅부(201)를 형성하는 수지(상세 내용은 후술함)에 혼합해서 사용할 수 있으므로, 질화갈륨계발광소자의 발광파장에 대응시켜서 수지 등과 혼합비율, 또는 칩부(105) 또는 새시(204) 요부의 충전량을 각각 조정함으로써, 발광 다이오드의 색조를 백색을 포함해서 전구색 등 임의로 설정할 수 있다.

상기 포토루미네선스형광체의 함유 분포는 혼색성과 내구성에도 영향을 준다. 예를들어, 포토루미네선스형광체가 함유된 코팅부와 몰드부재의 표면층에서 발광소자 쪽으로 포토루미네선스형광체의 분포농도를 높이는 경우에는, 외부환경에서 들어오는 수분 등의 영향을 잘 받지 않게 할 수 있어, 수분에 의한 열화를 방지할 수 있다. 한편, 포토루미네선스형광체를, 발광소자측에서 몰드부재 등의 표면층으로 분포농도가 높아지도록 분포시키면, 외부환경으로부터의 수분의 영향은 받기 쉽지만 발광소자로부터의 발열, 조사 강도 등의 영향은 보다 적게 받을 수 있어 포토루미네선스형광체의 열화를 억제할 수 있다. 이러한 포토루미네선스형광체의 분포는, 포토루미네선스형광체를 함유하는 부재, 형성온도, 점도, 포토루미네선스형광체의 형상, 입자도 분포 등을 조정하는 것에 의해 각종 분포를 실현할 수 있고, 발광 다이오드의 사용 조건 등을 고려해서 분포상태를 설정할 수 있다.

실시형태1의 포토루미네선스형광체는, 발광소자(102, 202)와 접하거나 근접 하게 배치되고, 조사 강도(Ee)  $3\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$  이상  $10\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$  이하에서도 고효율인 충분한 내광성을 가진다. 따라서, 이 형광체를 사용함으로써 우수한 발광 특성을 가지는 발광 다이오드를 구성할 수 있다.

또, 실시형태1의 포토루미네선스형광체는 가넷구조를 가지므로, 열, 광 및 수분에 강하고, 도3A에서와 같이 여기 스펙트럼의 피크를 450nm 부근으로 할 수 있다. 또, 발광 피크도 도3B에서와 같이 580nm 부근에 있고 700nm까지 점점 줄어드는 브로드한 발광 스펙트럼을 가진다. 또, 실시형태1의 포토루미네선스형광체는, 결정 내에 Gd를 함유함으로써 460nm 이상의 장파장대역에서의 여기발광효율을 높일 수 있다. Gd 함유량의 증가로 인해, 발광 피크 파장이 장파장으로 이동하고, 전체의 발광파장도 장파장측으로 시프트된다. 즉, 붉그스레한 발광색이 필요한 경우, Gd에 의한 치환량을 늘리는 것으로 달성할 수 있다. 한편, Gd가 증가함에 따라, 청색광에 의한 포토루미네선스의 발광휘도는 저하되는 경향이 있다.

특히, 가넷 구조를 가지는 YAG계 형광체의 조성중, Al의 일부를 Ga로 치환함으로써 발광파장이 단파장측으로 시프트된다. 또, 조성 중 Y의 일부를 Gd로 치환함으로써 발광파장이 장파장측으로 시프트된다.

표1에 일반식  $(\text{Y}_{1-a} \text{Gd}_a)_3 (\text{Al}_{1-b} \text{Ga}_b)_5 \text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되는 YAG계 형광체의 조성과 그 발광특성을 나타낸다.

[표 1]

No.	Gd함유량 a(몰 비)	Ga함유량 b(몰 비)	CIE 색도 좌표		휘도 Y	효율
			x	y		
①	0.0	0.0	0.41	0.56	100	100
②	0.0	0.4	0.32	0.56	61	63
③	0.0	0.5	0.29	0.54	55	67
④	0.2	0.0	0.45	0.53	102	108
⑤	0.4	0.0	0.47	0.52	102	113
⑥	0.6	0.0	0.49	0.51	97	113

⑦	0.8	0.0	0.50	0.50	72	86
---	-----	-----	------	------	----	----

표1에 나타난 각 특성은, 460nm의 청색광으로 여기시켜 측정했다. 또, 표1의 휘도와 효율은 ①의 재료를 100으로 했을 때 그 상대치로 나타낸다.

Al을 Ga로 치환할 경우, 발광 효율과 발광 파장을 고려해서 Ga : Al = 1 : 1에서 4 : 6 사이의 비율로 설정하는 것이 바람직하다. 마찬가지로, Y의 일부를 Gd로 치환하는 경우에는, Y : Gd = 9 : 1 에서 1 : 9 범위의 비율로 설정하는 것이 바람직하고, 4 : 1 에서 2 : 3 의 범위로 설정하는 것이 보다 바람직하다. Gd의 치환량이 2할 미만일 경우에는 녹색성분이 커지고 적색성분이 줄어들기 때문이고, Gd의 치환량이 6할 이상이 되면 적색성분은 늘릴 수 있지만, 휘도가 급격히 저하된다. 특히, 발광소자의 발광파장에 의존하는데 YAG계 형광체 중 Y와 Gd의 비율을 Y : Gd = 4 : 1 에서 2 : 3 의 범위로 설정함으로써, 1종류의 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체를 이용해서 흑체방사궤적(black body radiation locus)에 따르는 백색광의 발광이 가능한 발광 다이오드를 구성할 수 있다. 또, YAG계 형광체 중 Y와 Gd의 비율을 Y : Gd = 2 : 3 - 1 : 4 의 범위로 설정하면, 휘도는 낮지만 전구색 발광이 가능한 발광 다이오드를 구성할 수 있다. Ce의 함유량(치환량)은 0.003-0.2의 범위로 설정함으로써, 발광 다이오드의 상대발광광도를 70% 이상으로 할 수 있다. 함유량이 0.003 미만인 경우에는 Ce에 의한 포토루미네선스의 여기발광중심의 수가 감소되어 광도가 저하되고, 반대로 0.2보다 커지면 농도 소광(density quenching)이 생긴다.

이상과 같이 조성의 Al의 일부를 Ga로 치환함으로써 발광파장을 단파장으로 시프트시킬 수 있고, 또 조성의 Y의 일부를 Gd로 치환하는 것으로 발광파장을 장파장으로 시프트시킬 수 있다. 이렇게 조성을 변화시켜서 발광색을 연속적으로 조절할 수 있다. 또, 파장이 254nm, 365nm인 Hg 회선(emission lines)에서는 대부분 여기되지 않아 450nm 부근의 청색계 발광소자로부터의 LED광에 의한 여기효율이 높다. 더욱이, 피크 파장이 Gd의 조성비에 의해 연속적으로 변하는 등 질화물반도체발광소자의 청색계 발광을 백색계 발광으로 변환시키기 위한 이상적인 조건을 구비하고 있다.

또, 실시형태1에서는, 질화갈륨계반도체를 이용한 발광소자와, 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷 형광체(YAG)에 희토류원소인 사마륨(Sm)을 함유시킨 포토루미네선스형광체를 조합함으로써, 발광 다이오드의 발광 효율을 더 향상시킬 수 있다.

이러한 포토루미네선스형광체는, Y, Gd, Ce, Sm, Al 및 Ga의 원료로서 산화물, 또는 고온에서 쉽게 산화물이 되는 화합물을 사용하고, 그들을 소정의 화학량론비로 충분히 혼합해서 혼합원료를 제작하고, 제작된 혼합 원료에 플럭스(flux)로서 불화암모늄 등의 불화물을 적량 혼합해서 도가니에 넣고, 공기중 1350-1450℃ 온도범위에서 2-5시간 소성해서 소성품을 얻은 다음, 소성품을 수중에서 볼밀(ball mill)해서 세정, 분리, 건조, 마지막으로 체로 쳐서 제작할 수 있다.

상술한 제작방법에 있어서 혼합원료는, Y, Gd, Ce, Sm의 희토류 원소를 화학량론비에 따라 산에 용해시킨 용해액을 수산에서 공침시킨 것을 소성해서 얻은 공침산화물(oxide of the coprecipitate)과, 산화알루미늄, 산화갈륨을 혼합해서 제작할 수도 있다.

일반식  $(Y_{1-p-q-r} Gd_p Ce_q Sm_r)_3 Al_5 O_{12}$  로 표시되는 포토루미네선스형광체는, 결정 내에 Gd를 함유함에 따라 특히 460nm 이상의 장파장대역의 여기발광효율을 높일 수 있다. 또, 가돌리늄의 함유량을 증가시켜서 발광 피크 파장을 530nm에서 570nm까지 장파장으로 이동시키고, 전체의 발광파장도 장파장측으로 시프트시킬 수 있다. 붉은그레한 발광색이 필요한 경우, Gd의 치환량을 늘리는 것으로 달성할 수 있다. 한편, Gd가 증가함에 따라, 청색광에 의한 포토루미네선스의 발광 휘도는 서서히 저하된다. 따라서, p는 0.8 이하가 바람직하고, 0.7 이하가 보다 바람직하다. 더 바람직하게는 0.6 이하이다.

또, 일반식  $(Y_{1-p-q-r} Gd_p Ce_q Sm_r)_3 Al_5 O_{12}$  로 표시되는 Sm을 포함하는 포토루미네선스형광체는, Gd의 함유량을 증가시켜도 온도특성의 저하를 줄일 수 있다. 즉, Sm을 함유시킴에 따라 고온에서의 포토루미네선스형광체의 발광휘도의 열화가 대폭으로 개선된다. 그 개선되는 정도는 Gd 함유량이 많아질수록 커진다. 특히, Gd 함유량을 증가시켜서 포토루미네선스의 발광 색조에 붉은 기를 부여한 조성을 가지는 형광체는, 온도특성이 나빠지므로, Sm을 함유시켜서 온도특성을 개선하는 것이 좋다. 여기서 말하는 온도특성이란, 450nm 청색광에 의한 상온(25℃)에서의 여기발광휘도에 대한, 동일 형광체의 고온(200℃)에서의 발광휘도의 상대치(%)를 말한다.

Sm의 함유량 r은  $0.0003 \leq r \leq 0.08$  범위인 것이 바람직하고, 이것에 의해 온도특성을 60% 이상으로 할 수 있다. 이 범위보다 r이 작으면, 온도특성 개량효과가 줄어든다. 또, 이 범위보다 r이 커지면, 온도특성은 반대로 저하된다.

또, Sm의 함유량  $r$ 은  $0.0007 \leq r \leq 0.02$  범위인 것이 더 바람직하고, 이것에 의해 온도특성을 80% 이상으로 할 수 있다.

Ce의 함유량  $q$ 는  $0.003 \leq q \leq 0.2$  범위인 것이 바람직하고, 이것에 의해 상대발광휘도를 70% 이상으로 할 수 있다. 여기서, 상대발광휘도란,  $q=0.03$ 인 형광체의 발광 휘도를 100퍼센트로 했을 경우의 발광휘도를 말한다.

Ce의 함유량  $q$ 가 0.003 이하인 경우에는, Ce에 의한 포토루미네선스의 여기발광중심의 수가 감소하기 때문에 휘도가 저하되고, 반대로 0.2보다 커지면 농도소광이 생긴다. 여기서, 농도 소광이란, 형광체의 휘도를 높이기 위해 활성체의 농도를 증가시켜 가면 어느 최적값이상의 농도에서는 발광강도가 저하되는 것을 말한다.

본원발명의 발광 다이오드에서는, Al, Ga, Y 및 Gd와 Sm의 함유량이 다른 2종류 이상의  $(Y_{1-p-q-r} Gd_p Ce_q Sm_r Al_5 O_{12})$  포토루미네선스형광체를 혼합해서 사용할 수도 있다. 이에 따라, 형광체 내의 RGB 파장성분을 늘릴 수 있고, 여기에 예를들어 칼라 필터를 이용해서 풀칼라액정표시장치(full-color liquid crystal display device)용으로 이용할 수도 있다.

(발광소자(102, 202))

발광소자는 도1 및 도2에서와 같이 몰드부재에 매설되는 것이 바람직하다. 본원발명의 발광 다이오드에 사용되는 발광소자는, 세륨으로 활성화된 가넷계형광체를 효율적으로 여기시킬 수 있는 질화갈륨계화합물반도체이다. 질화갈륨계화합물반도체를 이용한 발광 소자(102, 202)는, MOCVD법 등을 이용해서 기판 상에 InGaN 등의 질화갈륨계반도체를 발광층으로 형성해서 제작된다. 발광소자의 구조로는, MIS접합, PIN 접합, 또는 PN 접합 등을 가지는 호모구조, 헤테로구조 또는 더블헤테로구조를 들 수 있다. 반도체층의 재료나 그 결정도에 따라 발광 파장을 여러가지 선택할 수 있다. 또, 반도체 활성층을 양자효과가 생긴 정도로 얇게 형성한 단일양자우물구조나 다중양자우물구조로 할 수도 있다. 특히, 본원발명에서는, 발광소자의 활성층을 InGaN의 단일양자우물구조로 함으로써, 포토루미네선스형광층의 열화가 없고, 보다 고휘도로 발광하는 발광 다이오드로 이용할 수 있다.

질화갈륨계화합물반도체를 사용한 경우, 반도체 기판으로는 사파이어, 스피넬, SiC, Si, ZnO 등의 재료를 사용할 수 있지만, 결정성 좋은 질화갈륨을 형성시키기 위해서는 사파이어기판을 사용하는 것이 바람직하다. 이 사파이어기판 상에 GaN, AlN 등의 버퍼층을 통해 PN 접합을 형성하도록 질화갈륨반도체층을 형성한다. 질화갈륨계반도체는, 불순물을 도프하지 않은 상태에서 N형 도전성을 나타내긴 하지만, 발광효율을 향상시키는 등 원하는 특성(캐리어농도 등)을 가지는 N형질화갈륨반도체를 형성하기 위해서는 N형 도펀트로서 Si, Ge, Se, Te, C 등을 적절히 도프하는 것이 바람직하다. 한편, p형질화갈륨반도체를 형성하는 경우에는, p형 도펀트인 Zn, Mg, Be, Ca, Sr, Ba 등을 도프한다. 또, 질화갈륨계화합물반도체는, p형 도펀트를 도프하는 것 만으로는 p형화하기 어려우므로, p형 도펀트 도입 후에 로(furnace)에 의한 가열, 저속전자선 조사나 플라즈마 조사 등에 의해 p형화시키는 것이 바람직하다. 에칭 등에 의해 p형 및 N형 질화갈륨반도체의 표면을 노출시킨 후, 각 반도체층 상에 스퍼터링법 또는 진공증착법 등을 이용해서 원하는 형상의 각 전극을 형성한다.

다음으로, 상기와 같이 형성된 반도체 웨이퍼 등을, 다이싱소(dicing saw)에 의해 직접 풀 컷하는 방법, 또는 질삭날 선단폭보다 넓은 폭을 가지는 홈을 깊게 자른 후(하프 컷)에 외력으로 반도체 웨이퍼를 쪼개는 방법, 또는 선단의 다이아몬드 바늘이 왕복직선운동하는 스크라이버에 의해 반도체 웨이퍼에 매우 가느다란 스크라이브라인(경선)을 예를들어 바둑판모양으로 그은 후, 외력에 의해 웨이퍼를 자르는 방법 등을 이용해서 반도체 웨이퍼를 칩형태로 컷한다. 이렇게 해서 질화갈륨계화합물반도체로 이루어진 발광소자를 형성할 수 있다.

본 실시형태1의 발광 다이오드에서 백색계를 발광시키는 경우에는, 포토루미네선스형광체와의 보색관계와 수지의 열화 등을 고려해서 발광소자의 발광 파장은 400nm 이상 530nm 이하로 설정하는 것이 바람직하고, 420nm 이상 490nm 이하로 설정하는 것이 보다 바람직하다. 발광소자와 포토루미네선스형광체와의 효율을 각각보다 향상시키기 위해서는, 450nm 이상 475nm 이하로 설정하는 것이 더욱 바람직하다. 실시형태1에 따른 백색계 발광 다이오드의 발광 스펙트럼의 일예를 도4에 도시한다. 여기에 예시한 발광 다이오드는 도1에 도시한 리드타입으로, 후술하는 실시예1의 발광소자와 포토루미네선스형광체를 이용한 것이다. 여기서, 도4에서 450nm 부근에 피크를 가지는 발광이 발광소자로부터의 발광이고, 570nm 부근에 피크를 가지는 발광이 발광소자에 의해 여기된 포토루미네선스의 발광이다.

또, 표1에 나타낸 형광체와 피크 파장 465nm인 청색 LED(발광소자)를 조합한 백색계 발광 다이오드에서 실현할 수 있는 색재현범위를 도16에 나타낸다. 이 백색계 발광 다이오드의 발광색은, 청색 LED 기원의 색도점과 형광체 기

원의 색도점을 잇는 직선상의 어딘가에 위치하므로, 표의 ①-⑦의 형광체를 사용해서, 색도 도면 중앙부의 광범위한 백색영역(도16에서 빗금친 부분)을 모두 커버할 수 있다. 도17은 백색계 발광 다이오드의 형광체 함유량을 변화시켰을 때의 발광색의 변화를 나타낸 것이다. 여기서, 형광체의 함유량은, 코팅부에 사용하는 수지에 대한 중량 퍼센트로 나타낸다. 도17에서 알 수 있듯이, 형광체의 양을 늘리면 형광체의 발광색에 근접하고, 줄이면 청색 LED에 근접한다.

본원발명에서는, 형광체를 여기시키는 광을 발생하는 발광소자와, 형광체를 여기시키지 않는 발광소자를 함께 사용할 수도 있다. 구체적으로는, 형광체를 여기시킬 수 있는 질화물계화합물반도체인 발광소자와, 형광체를 실질적으로 여기시키지 않는, 발광층이 갈륨 인, 갈륨 알루미늄 비소, 갈륨 비소 인, 또는 인듐 알루미늄 인 등인 발광소자를 함께 배치한다. 이렇게 하면, 형광체를 여기시키지 않는 발광소자로부터 발생하는 광은, 형광체에 흡수되지 않고 외부로 방출된다. 따라서, 홍백이 발광 가능한 발광 다이오드로 만들 수 있다.

이하, 도1 및 도2의 발광 다이오드의 다른 구성요소에 대해 설명한다.

(도전성 와이어(103, 203))

도전성 와이어(103, 203)로는, 발광소자(102, 202)의 전극과의 오믹성, 기계적 접속성, 전기전도성 및 열전도성이 좋은 것이 요구된다. 열전도도로는  $0.01\text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(^\circ\text{C}/\text{cm})$  이상이 바람직하고, 보다 바람직하게는  $0.5\text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(^\circ\text{C}/\text{cm})$  이상이다. 또, 작업성을 고려하면 도전성 와이어의 직경은  $10\mu\text{m}$  이상  $45\mu\text{m}$  이하가 바람직하다. 특히, 형광체가 함유된 코팅부와 몰드부재를 각각 동일 재료를 사용했다고 하더라도, 어느 한쪽에 형광체가 들어감에 따른 열팽창 계수의 차이로 인해 그들 계면에서는 도전성 와이어가 단선되기 쉽다. 따라서, 도전성 와이어의 직경은  $25\mu\text{m}$  이상이 보다 바람직하고, 발광면적 및 취급 용이성 측면에서  $35\mu\text{m}$  이하가 바람직하다. 도전성 와이어의 재료로는 금, 구리, 백금, 알루미늄 등과 같은 금속 및 그들의 합금을 들 수 있다. 이러한 재질, 형상으로 이루어진 도전성 와이어를 이용함으로써, 와이어본딩장치에 의해 각 발광소자의 전극과, 인너-리드 및 마운트-리드를 용이하게 접속할 수 있다.

(마운트-리드(105))

마운트-리드(105)는, 컵부(105a)와 리드부(105b)로 이루어지고, 컵부(105a)에 다이본딩장치로 발광소자(102)를 올려놓기에 충분한 크기면 된다. 또, 복수의 발광소자를 컵 내에 설치하여, 마운트-리드를 발광소자의 공통전극으로 이용하는 경우에는, 다른 전극재료를 사용하는 경우가 있으므로, 각각에 충분한 전기전도성 및 본딩와이어 등과의 접속성이 요구된다. 또, 마운트-리드 상의 컵 내에 발광소자를 배치함과 동시에 형광체를 컵 내부에 충전시키는 경우에는, 형광체로부터의 광이 등방적(isotropic)으로 방출되었다고 해도, 컵에 의해 원하는 방향으로 반사되므로, 근접 배치시킨 다른 발광 다이오드로부터의 광에 의한 의사 점등을 방지할 수 있다. 여기서, 의사 점등이란, 근접 배치된 다른 발광 다이오드에 전력을 공급하지 않아도 발광하고 있는 것처럼 보이는 현상을 말한다.

발광소자(102)와 마운트-리드(105)의 컵(105a)과의 접촉은, 에폭시수지, 아크릴수지, 이미드수지 등과 같은 열경화성수지 등을 이용해서 수행할 수 있다. 또, 페이스다운(face-down)발광소자(기관측에서 발광하는 타입으로, 발광소자의 전극을 컵부(105a)에 대향시켜서 부착하도록 구성된 것)를 이용하는 경우에는, 해당 발광소자를 마운트-리드와 접촉시키고 전기적으로 도통시키기 위해서 Ag 페이스트, 카본 페이스트, 금속벌프 등을 이용할 수 있다. 더욱이, 발광다이오드의 광 이용효율을 향상시키기 위해 발광소자가 배치되는 마운트-리드의 컵부의 표면을 경면상태로 만들어, 표면에 반사기능을 부여할 수도 있다. 이 경우, 표면 조도(surface roughness)는 0.1S 이상 0.8S 이하가 바람직하다. 또, 마운트-리드는, 철, 구리, 철을 입힌 구리, 주석을 입힌 구리 및 구리, 금, 은을 도금한 알루미늄, 철, 구리 등을 들 수 있다.

(코팅부(101))

코팅부(101)는, 몰드부재(104)와는 별도로 마운트-리드의 컵에 설치되는 것으로, 본 실시형태1에서는 발광소자의 발광을 변환시키는 포토루미네선스형광체가 함유된 것이다. 코팅부의 구체적 재료로는, 에폭시수지, 우레아수지, 실리콘 등과 같은 내후성에 뛰어난 투명수지와 유리 등이 적합하다. 또, 포토루미네선스형광체와 함께 확산제를 함유시킬 수도 있다. 구체적인 확산제로는, 티탄산바륨, 산화티탄, 산화알루미늄, 산화규소 등을 사용하는 것이 바람직하다. 더욱이, 형광체를 스퍼터링으로 형성할 경우, 코팅부를 생략할 수도 있다. 이 경우, 막두께를 조정하거나 형광체층에 개구부를 설치하는 것으로 혼색 표시가 가능한 발광 다이오드로 만들 수 있다.

(몰드부재(104))

몰드부재(104)는, 발광소자(102), 도전성 와이어(103), 포토루미네선스형광체가 함유된 코팅부(101) 등을 외부로부터 보호하는 기능을 가진다. 본 실시형태1에서는 몰드부재(104)에 확산제를 더 함유시키는 것이 바람직하고, 이

것에 의해 발광소자(102)로부터의 지향성을 완화시킬 수 있고, 시야각을 증가시킬 수 있다. 또, 몰드부재(104)는, 발광 다이오드에 있어서, 발광소자로부터의 발광을 집속시키거나 확산시키는 렌즈 기능을 가진다. 따라서, 몰드 부재(104)는 통상 볼록렌즈형상, 오목렌즈형상으로, 나아가서는 발광 관측면에서 볼 때 타원형상이나 그들을 복수 조합한 형상으로 형성된다. 또, 몰드부재(104)는, 각각 다른 재료를 복수 적층한 구조로 할 수도 있다. 몰드부재(104)의 구체적 재료로는, 주로 에폭시 수지, 우레아수지, 실리콘 수지 등과 같은 내후성에 뛰어난 투명수지나 유리 등이 적합하다. 또, 확산제로는 티탄산바륨, 산화티탄, 산화알루미늄, 산화규소 등을 이용할 수 있다. 더욱이, 본원발명에서는, 확산제와 더불어 몰드부재 내에 포토루미네선스형광체를 함유시켜도 된다. 즉, 본원발명에서는, 포토루미네선스형광체를 코팅부에 함유시킬 수도 있고, 몰드부재 내에 함유시킬 수도 있다. 몰드부재에 포토루미네선스형광체를 함유시킴으로써, 시야각을 더 크게 할 수 있다. 또, 코팅부와 몰드부재 모두에 함유시킬 수도 있다. 또, 코팅부를 포토루미네선스형광체가 함유된 수지로 하고, 몰드부재를 코팅부와 다른 부재인 유리를 이용해서 형성할 수도 있다. 이렇게 함으로써, 수분 등의 영향을 적게 받는 발광 다이오드를 생산성 높게 제조할 수 있다. 또, 용도에 따라서는 굴절률을 맞추기 위해서 몰드부재와 코팅부를 같은 부재를 이용해서 형성할 수도 있다. 본원발명에서는 몰드부재에 분산제와 착색제를 함유시킴으로써, 발광 관측면 측에서 본 형광체의 착색을 숨길 수 있고, 더 혼색성을 향상시킬 수 있다. 즉, 형광체는 강한 외래광 중 청색 성분을 흡수해서 발광하고, 황색으로 착색되어 있는 것처럼 보인다. 그러나, 몰드부재에 함유된 확산제는 몰드부재를 유백색으로, 착색제는 원하는 색으로 착색한다. 이에 따라, 발광 관측면에서 형광체의 색이 관측되지 않는다. 더욱이, 발광소자의 주발광파장이 430nm 이상인 경우에는 광안정화제인 자외선흡수제를 함유시키는 것이 보분포 등을 조정함으로써 여러가지로 조정할 수 있다. 따라서, 실시형태2에서는, 사용 조건 등에 대응시켜서 형광체의 분포농도가 설정된다. 또, 실시형태2에서는, 2종류이상의 형광체를 각각 발광소자로부터 출력되는 광에 대응시켜 배치(예를들어, 발광소자에 가까운 쪽에서부터 차례대로 배치하는 등)함으로써 발광효율을 높일 수 있다.

상기와 같이 구성된 실시형태2의 발광 다이오드는, 실시형태1과 마찬가지로, 조도 강도( $E_e$ )= $3W^{1/2} \cdot cm^{-2}$  이상  $10W \cdot cm^{-2}$  이하의 비교적 고출력의 발광소자와 접하는 또는 근접 배치된 경우에도 고효율이고 충분한 내광성을 가지는 발광다이오드를 구성할 수 있다.

실시형태2에 사용되는 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체(YAG계 형광체)는 실시형태1과 마찬가지로 가넷구조를 가지므로, 열, 광 및 수분에 강하다. 또, 실시형태2의 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체는, 도5A의 실선과 같이 여기 스펙트럼의 피크를 450nm 부근에 설정할 수 있고, 발광 스펙트럼의 발광 피크를 도5B의 실선에서와 같이 510nm 부근에 설정할 수 있으며, 발광 스펙트럼을 700nm까지 점점 줄어들도록 브로드하게 만들 수 있다. 이것에 의해, 녹색계 발광을 시킬 수 있다. 또, 실시형태2의 다른 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체는, 여기 스펙트럼의 피크를 도5A의 점선과 같이 450nm 부근으로 할 수 있고, 발광 스펙트럼의 발광 피크를 도5B의 점선과 같이 600nm 부근으로 설정할 수 있으며, 발광 스펙트럼을 750nm까지 점점 줄어들도록 브로드하게 할 수 있다. 이것에 의해, 적색계 발광이 가능해진다.

가넷구조를 가진 YAG계 형광체의 조성 중 Al의 일부를 Ga로 치환함에 따라 발광 파장이 단파장측으로 시프트되고, 또 조성의 Y의 일부를 Gd 및/또는 La로 치환함에 따라 발광파장이 장파장측으로 시프트된다. Al의 Ga로의 치환은, 발광 효율과 발광 파장을 고려해서 Ga : Al = 1 : 1 에서 4 : 6 이 바람직하다. 마찬가지로, Y의 일부를 Gd 및/또는 La로 치환하는 것은, Y : Gd 및/또는 La = 9 : 1 에서 1 : 9이고, 보다 바람직하게는 Y : Gd 및/또는 La = 4 : 1 에서 2 : 3 이다. 치환이 2할 미만인 경우에는 녹색성분이 커지고 적색성분이 줄어든다. 또, 6할 이상에서는 적색성분이 늘어나지만 휘도가 급격히 저하된다.

이러한 포토루미네선스형광체는, Y, Gd, Ce, La, Al, Sm 및 Ga의 원료로 산화물, 또는 고온에서 쉽게 산화물이 되는 화합물을 사용하고, 그들을 화학량론비로 충분히 혼합해서 원료를 얻는다. 또는, Y, Gd, Ce, La, Sm의 희토류 원소를 화학량론비에 따라 산에 용해시킨 용해액을 수산에서 공침시킨 것을 소성해서 얻은 공침산화물과, 산화알루미늄, 산화갈륨을 혼합해서 혼합원료를 얻는다. 여기에 플럭스(flux)로서 불화암모늄 등과 같은 불화물을 적량 혼합해서 도가니에 넣고, 공기중 1350-1450℃ 온도범위에서 2-5시간 소성해서 소성품을 얻은 다음, 소성품을 수중에서 볼밀(ball mill)해서 세정, 분리, 건조, 마지막으로 체로 쳐서 제작할 수 있다.

본 실시형태2에 있어서, 조성이 다른 2종류 이상의 세륨으로 활성화된 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체는, 혼합해서 사용할 수도 있고, 각각 독립적으로 배치(예를들어 적층)해서 사용할 수도 있다. 2종류 이상의 형광체를 혼합해서 사용한 경우, 비교적 간단하게 양산성 좋게 색변환부를 형성할 수 있고, 2종류 이상의 형광체를 독립적으로 배치한 경우에는 원하는 색이 될 때까지 중합하므로, 형성후에 색조정을 할 수 있다. 또, 형광체를 각각 독립적으로 배치해서

사용할 경우, LED 소자와 가까운 쪽에 광을 보다 단파장측에서 흡수발광하기 쉬운 형광체를 설치하고, LED에서 떨어진 곳에 그것보다 장파장측에서 흡수발광하기 쉬운 형광체를 배치하는 것이 바람직하다. 이것에 의해 효율적으로 흡수 및 발광시킬 수 있다.

이상과 같이 본 실시형태2의 발광 다이오드는, 형광물질로서 조성이 다른 2종류 이상의 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체를 사용하고 있다. 따라서, 원하는 발광색을 효율적으로 발광시킬 수 있는 발광 다이오드를 구성할 수 있다. 즉, 반도체발광소자가 발광하는 광의 발광 파장이, 도6에 도시한 색도 도면의 A점에서 B점에 이르는 선상에 위치할 경우, 조성이 다른 2종류 이상의 이트륨·알루미늄·가넷계 형광체의 색도점(C점 및 D점)인 도6의 A점, B점, C점 및 D점으로 둘러싸인 사선내에 있는 임의의 발광색을 발광시킬 수 있다. 실시형태2에서는 LED 소자, 형광체의 조성 또는 그 양을 각각 선택하는 것에 의해 조절할 수 있다. 특히, LED 소자의 발광파장에 대응해서 소정의 형광체를 선택하여 LED 소자의 발광파장의 변화를 보상함으로써, 발광 파장의 변화가 적은 발광 다이오드를 구성할 수 있다. 또, 형광 물질의 발광 파장을 선택함으로써, RGB의 발광성분을 고휘도로 포함한 발광 다이오드를 구성할 수 있다.

더욱이, 실시형태2에 사용하는 이트륨·알루미늄·가넷계(YAG계) 형광체는 가넷 구조를 가지므로, 실시형태2의 발광 다이오드는 장시간 고휘도로 발광시킬 수 있다. 또, 실시형태1 및 2의 발광 다이오드는, 발광 관측면에서 볼 때 형광체를 통해 발광소자를 설치한다. 또, 발광소자로부터의 광보다도 더 장파장측으로 발광계 발광 다이오드(501)가 새시(504)에 매트릭스형태로 배열되고, 흑백용 LED 표시장치로 사용된다. 여기서, 새시(504)에는 차광부재(505)가 일체적으로 성형되어 있다.

구동회로(610)는, 도10에서와 같이, 입력되는 표시데이터를 일시적으로 기억하는 화상데이터기억수단(RAM)(603)과, RAM(603)에서 읽어낸 데이터에 따라 LED 표시기(601)의 각각의 발광 다이오드를 소정의 밝기로 점등시키기 위한 계조신호를 연산해서 출력하는 계조제어수단(604)과, 계조제어수단(604)에서 출력되는 신호에 의해 스위칭되어 발광 다이오드를 점등시키는 드라이버(602)를 구비한다. 계조제어회로(604)는, RAM(603)에 기억되는 데이터를 추출해서 LED 표시기(601)의 발광 다이오드 점등시간을 연산해서 점멸시키는 펄스신호를 LED 표시기(601)로 출력한다. 상기와 같이 구성된 표시장치에 있어서, LED 표시기(601)는, 구동회로에서 입력되는 펄스 신호에 따라 표시 데이터에 대응한 화상을 표시할 수 있고, 다음과 같은 이점이 있다.

즉, RGB의 3가지 발광 다이오드를 이용해서 백색계 표시를 하는 LED 표시기는, RGB 각 발광 다이오드의 발광 출력을 조절해서 표시시킬 필요가 있어 각 발광 다이오드의 발광 강도, 온도 특성 등을 고려해서 각 발광 다이오드를 제어해야 하므로, 상기 LED 표시기를 구동하는 구동회로가 복잡해지는 문제점이 있었다. 그러나, 본원발명의 표시장치에서는, LED 표시기(601)가, RGB의 3종류의 발광 다이오드가 아닌 본원발명에 따른 백색계 발광이 가능한 발광 다이오드(501)를 사용해서 구성되므로, 구동회로가 RGB의 각 발광 다이오드를 개별적으로 제어할 필요가 없어, 구동회로의 구성을 간단하게 할 수 있고, 표시장치를 저렴하게 할 수 있다.

또, RGB의 3가지 발광 다이오드를 이용해서 백색계 표시를 하는 LED 표시기는, 1화소마다, RGB의 3개의 발광 다이오드를 조합해서 백색 표시시키기 위해서는 3개의 각 발광 다이오드를 각각 동시에 발광시켜서 혼색시켜야 하므로, 일화소당 표시영역이 커지고, 고정밀하게 표시시킬 수 없었다. 그러나, 본원발명의 표시장치에 따른 LED 표시기는, 1개의 발광 다이오드로 백색 표시할 수 있으므로, 보다 고정밀하게 백색계를 표시할 수 있다. 더욱이, 3개의 발광 다이오드의 혼색으로 표시하는 LED 표시기는, 보는 방향이나 각도에 따라 RGB의 발광 다이오드의 어딘가가 부분적으로 차광되어 표시색이 변하는 경우가 있지만, 본원발명의 LED 표시기에서는 그러한 일이 없다.

이상과 같이 본원발명에 따른 백색계 발광이 가능한 발광 다이오드를 이용한 LED 표시기를 구비한 표시 장치는, 보다 고정밀화가 가능하고, 안정된 백색계 표시가 가능하며, 색일록을 줄일 수 있다는 특징이 있다. 또, 본원발명에 따른 백색 표시가 가능한 LED 표시기는, 종래의 적색, 녹색만을 이용한 LED 표시기에 비해 사람의 눈에 대한 자극이 적어 장시간 사용에 적합하다.

(본원발명의 발광 다이오드를 사용한 다른 표시장치의 예)

본원발명의 발광 다이오드를 사용함으로써, 도12에서와 같이, RGB의 3가지 발광 다이오드에 본원발명의 발광 다이오드를 첨가한 것을 1화소로 하는 LED 표시기를 구성할 수 있다. 그리고, 이 LED 표시기와 소정의 구동회로를 접속함으로써 여러가지의 화상을 표시할 수 있는 표시장치를 구성할 수 있다. 상기 표시장치의 구동회로는, 모노크롬(monochrome) 표시장치와 마찬가지로, 입력되는 표시데이터를 일시적으로 기억하는 화상데이터기억수단(RAM)과, RAM에 기억된 데이터에 따라 각 발광 다이오드를 소정의 밝기로 점등시키기 위한 계조신호를 연산하는 계조제어회로와, 계조제어회로의 출력신호에 의해 스위칭되어 각 발광 다이오드를 점등시키는 드라이버를 구비한다. 단, 이 구



동회로는, RGB와 백색계로 발광하는 각 발광 다이오드를 각각 제어하는 전용의 회로를 필요로 한다. 게조제어회로는, RAM에 기억되는 데이터로 각각의 발광 다이오드의 점등시간을 연산해서 점등시키는 펄스신호를 출력한다. 여기서, 백색계 표시를 하는 경우에는, RGB 각 발광 다이오드를 점등시키는 펄스신호의 펄스폭을 짧게, 또는 펄스신호의 피크값을 낮게, 또는 전혀 펄스신호를 출력하지 않게 한다. 한편, 그것을 보상하도록 (즉, 펄스신호의 펄스폭을 짧게, 또는 펄스신호의 피크값을 낮게, 또는 전혀 펄스신호를 출력하지 않는 부분을 보상하도록) 백색계 발광 다이오드에 펄스신호를 공급한다. 이것에 의해 LED 표시기의 백색을 표시한다.

이와 같이, RGB 발광 다이오드에 백색 발광 다이오드를 추가함으로써, 디스플레이의 휘도를 향상시킬 수 있다. 또, RGB의 조합으로 백색을 표시하고자 하면, 보는 각도에 따라 RGB 중 어느 하나 또는 어느 두개의 색이 강조되어, 순수한 백색을 표현할 수가 없지만, 본표시장치와 같이 백색의 발광 다이오드를 추가하면 그와 같은 문제를 해결할 수 있다.

이러한 표시장치의 구동회로에서는, 백색계 발광 다이오드를 원하는 휘도로 점등시키기 위한 펄스신호를 연산하는 게조제어회로로 CPU를 별도로 구비하는 것이 바람직하다. 게조제어신호로부터 출력되는 펄스신호는, 백색계 발광 다이오드의 드라이버에 입력되어 드라이버를 스위칭시킨다. 드라이버가 온되면 백색계 발광 다이오드가 점등되고, 오프되면 소등된다.

해서 도가니에 넣어서, 공기중 1400℃의 온도에서 3시간 소성한 후, 그 소성품을 볼밀(ball mill)을 이용해서 습식 분쇄하고, 세정, 분리, 건조, 마지막으로 체로 쳐서 제각했다. 그 결과, 포토루미네선스형광체는, Y가 Gd로 약 2할 정도 치환된 이트륨·알루미늄산화물로서  $(Y_{0.8} Gd_{0.2})_3 Al_5 O_{12} : Ce$ 가 형성되었다. 또, Ce의 치환은 0.03이었다.

상기와 같이 제작한  $(Y_{0.8} Gd_{0.2})_3 Al_5 O_{12} : Ce$  형광체 80중량부와 에폭시수지 100중량부를 잘 혼합해서 슬러리로 만들고, 이 슬러리를 발광소자가 놓여진 마운트·리드의 접내에 주입한 후, 130℃의 온도에서 1시간 동안 경화시켰다. 이렇게 해서 발광소자 상에 두께 120μm의 포토루미네선스형광체가 함유된 코팅부를 형성했다. 본실시예1에서는, 코팅부에 있어서는, 발광소자 쪽으로 포토루미네선스형광체가 서서히 많이 분포되도록 구성했다. 조사 강도는 약 3.5W/cm<sup>2</sup>이다. 그후, 발광소자와 포토루미네선스형광체를 외부응력, 수분 및 먼지 등으로부터 보호할 목적으로 몰드부재로서 투광성 에폭시수지를 형성했다. 여기서, 몰드부재는, 포탄형 형틀 내에, 리드프레임에 본딩되고 포토루미네선스형광체를 포함한 코팅부로 둘러싸인 발광소자를 삽입해서, 투광성 에폭시수지를 주입한 후, 150℃에서 5시간 경화시켜서 형성했다.

이렇게 형성한 발광 다이오드는, 발광 관측 정면에서 볼 때, 포토루미네선스형광체의 보디칼라에 의해 중앙부가 황색을 띠도록 착색되어 있었다.

이렇게 얻어진 백색계가 발광가능한 발광 다이오드의 색도점, 색온도, 연색성 지수를 측정한 결과, 각각 색도점은 (x="0".302, y="0".280), 색온도 8080K, 연색성 지수(Ra)="87".5로 삼파장형 형광등에 가까운 성능을 나타냈다. 또, 발광효율은 9.5 lm(lumen)/w로 백색 전구와 비슷하다. 더욱이, 온도 25℃ 60mA 통전, 온도 25℃ 20mA 통전, 온도 60℃ 90%RH 하에서 20mA 통전의 각 수명시험에서도 형광체에 기인하는 변화가 관측되지 않고 통상적인 청색발광 다이오드와 수명특성에 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

#### (비교예1)

포토루미네선스형광체를  $(Y_{0.8} Gd_{0.2})_3 Al_5 O_{12} : Ce$  형광체에서 (ZnCd)S : Cu, Al로 한 것 외에는 실시예1과 동일한 방법으로 발광 다이오드를 형성했고, 수명시험을 실시했다. 형성된 발광 다이오드는 통전 직후, 실시예1과 마찬가지로 백색계 발광이 확인되었지만, 휘도는 낮았다. 또, 수명시험에서는 약 100시간에서 출력이 제로가 되었다. 열화원인을 해석한 결과, 형광체가 흑화되어 있었다.

이것은, 발광소자의 발광광과 형광체에 부착되어 있던 수분 또는 외부환경에서 진입한 수분에 의해 광분해되어 형광체결정표면에 콜로이드성 아연금속이 석출되어 외관이 흑색으로 변색된 것으로 생각된다. 온도 25℃ 20mA 통전, 온도 60℃ 90%RH 하에서 20mA 통전의 수명시험결과를 실시예1의 결과와 함께 도13에 도시한다. 휘도는 초기값을 기준으로 각각의 상대치를 나타낸다. 도13에 있어서, 실선이 실시예1이고 점선이 비교예1을 나타낸다.

#### (실시예2)



실시예2의 발광 다이오드는, 발광소자의 질화물계화합물반도체의 In 함유량을 실시예1의 발광소자보다 증가시켜서 발광소자의 발광 피크를 460nm으로 하고, 포토루미네선스형광체의 Gd 함유량을 실시예1보다 늘려서 ( $Y_{0.6} Gd_{0.4}$ )<sub>3</sub> Al<sub>5</sub> O<sub>12</sub> : Ce 로 한 것 외에는 실시예1과 동일한 방법으로 발광 다이오드를 제작했다.

상기와 같이 제작된 발광 다이오드는, 백색계를 발광할 수 있고, 그 색도점, 색온도, 연색성 지수를 측정했다. 각각, 색도점(x="0".375, y="0".370), 색온도 4400K, 연색성 지수(Ra)="86".0이었다.

도18A, 도18B 및 도18C에 각각 실시예2의 포토루미네선스형광체, 발광소자 및 발광 다이오드의 각 발광 스펙트럼을 나타낸다.

또, 본 실시예2의 발광 다이오드를 100개 제작해서, 초기 광도에 대한 1000시간 발광시킨 후의 광도를 조사했다. 그 결과, 초기(수명시험전)의 광도를 100%라고 했을 경우, 1000시간 경과후의 평균광도는 평균적으로 98.8%로 특성에 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

(실시예3)

실시예3의 발광다이오드는, 포토루미네선스형광체로 Y, Gd, Ce의 희토류원소에 Sm을 더 함유시킨 일반식 ( $Y_{0.89} Gd_{0.57} Ce_{0.03} Sm_{0.01}$ )<sub>3</sub> Al<sub>5</sub> O<sub>12</sub> : Ce 의 형광체를 이용한 것 외에는 실시예1과 동일한 방법으로 제작했다. 이 실시예3의 발광 다이오드를 100개 제작해서, 130℃ 온도하에서 평가한 결과, 실시예1의 발광 다이오드에 비해 평균 온도특성이 8%정도 양호했다.

(실시예4)

실시예4의 LED 표시기는, 실시예1의 발광 다이오드가, 도11에서와 같이 구리패턴을 형성한 세라믹기판 상에 16×16 매트릭스형태로 배열되어 구성된다. 실시예4의 LED 표시기에서는, 발광 다이오드가 배열된 기판은, 페놀수지로 이루어지고 차광부재(505)가 일체로 형성된 새시(504) 내부에 배치되고, 발광 다이오드의 선단부를 제외한 새시, 발광 다이오드, 기판 및 차광부재의 일부를 피그먼트에 의해 흑색으로 착색한 실리콘고무(506)가 충전된다. 또, 기판과 발광 다이오드와의 접속은 자동납땜설장장치를 이용해서 납땜했다.

상기와 같이 제작된 LED 표시기를, 입력되는 표시 데이터를 일시적으로 기억하는 RAM, RAM에 기억되는 데이터를 추출해서 발광 다이오드를 소정의 밝기로 점등시키기 위한 계조신호를 연산하는 계조제어회로, 계조제어회로의 출력신호로 스위칭되어 발광 다이오드를 점등시키는 드라이버를 구비한 구동 수단에 의해 구동함으로써 흑백 LED 표시장치로 사용할 수 있음을 확인했다.

(실시예5)

실시예5의 발광다이오드는, 포토루미네선스형광체로 일반식 ( $Y_{0.2} Gd_{0.8}$ )<sub>3</sub> Al<sub>5</sub> O<sub>12</sub> : Ce 로 표시되는 형광체를 사용한 것 외에는 실시예1과 동일한 방법으로 제작했다. 실시예5의 발광 다이오드를 100개 제작해서 모든 특성을 측정했다.

그 결과, 색도점(평균치)은 (x="0".450, y="0".420)으로, 전구색의 광을 발광할 수 있었다.

도19A, 도19B 및 도19C에 각각 실시예5의 포토루미네선스형광체, 발광소자 및 발광 다이오드의 각 발광 스펙트럼을 나타낸다.

또, 실시예5의 발광 다이오드는, 실시예1의 발광 다이오드에 비해 휘도가 약 40% 떨어졌지만, 수명시험에서는 실시예1과 마찬가지로 우수한 내후성을 나타내었다.

(실시예6)

실시예6의 발광 다이오드는, 포토루미네선스형광체로 일반식  $Y_3 Al_5 O_{12}$  : Ce로 표시되는 형광체를 사용한 것 외에는 실시예1과 동일한 방법으로 제작했다. 이 실시예6의 발광 다이오드를 100개 제작해서 모든 특성을 측정했다.

그 결과, 실시예1에 비해 약간 황녹색을 띤 백색 광을 발광할 수 있었다.

도20A, 도20B, 도20C에 각각 실시예6의 포토루미네선스형광체, 발광소자, 및 발광 다이오드의 각 발광 스펙트럼을 나타낸다.

또, 실시예6의 발광다이오드는 수명시험에서는 실시예1과 마찬가지로 우수한 내후성을 나타내었다.

(실시예7)

실시예7의 발광 다이오드는, 포토루미네선스형광체로 일반식  $Y_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12} : Ce$  로 표시되는 형광체를 사용한 것 외에는 실시예1과 동일한 방법으로 제작했다. 실시예7의 발광 다이오드를 100개 제작해서 모든 특성을 측정했다.

그 결과, 실시예7의 발광다이오드는, 휘도는 저하되었지만 녹색을 띤 백색 광을 발광할 수 있고, 수명시험에서는 실시예1과 마찬가지로 우수한 내후성을 나타내었다.

도21A, 도21B, 도21C에 각각 실시예7의 포토루미네선스형광체, 발광소자, 및 발광 다이오드의 각 발광 스펙트럼을 나타낸다.

(실시예8)

실시예8의 발광다이오드는, 포토루미네선스형광체로 일반식  $Gd_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12} : Ce$  로 표시되는 Y를 포함하지 않은 형광체를 사용한 것 외에는 실시예1과 같은 방법으로 제작했다. 실시예8의 발광 다이오드를 100개 제작해서 모든 특성을 측정했다.

그 결과, 실시예8의 발광다이오드는, 휘도는 저하되었지만, 수명시험에서는 실시예1과 마찬가지로 우수한 내후성을 나타내었다.

(실시예9)

실시예9의 발광 다이오드는 도7에 도시한 구성을 가지는 평면형 발광의 발광 장치이다.

발광소자로 발광 피크가 450nm인  $In_{0.05}Ga_{0.95}N$  반도체를 사용했다. 발광소자는, 세정시킨 사파이어기판 상에 TMG(트리메틸갈륨)가스, TMI(트리메틸인듐)가스, 질화가스 및 도펀트가스를 캐리어가스와 함께 흘리고, MOCVD법으로 질화갈륨계화합물반도체를 성장해서 형성했다. 도펀트가스로서  $SiH_4$  와  $Cp_2Mg$ 를 바꾸는 것에 의해 N형 도전성을 가지는 질화갈륨반도체와 P형도전성을 가지는 질화갈륨반도체를 형성해서 PN접합을 형성했다. 반도체발광소자로는, N형도전성을 가지는 질화갈륨반도체인 콘택층, N형 도전성을 가지는 질화갈륨알루미늄반도체인 클래드층, P형 도전성을 가지는 질화갈륨알루미늄반도체인 클래드층, P형 도전성을 가지는 질화갈륨반도체인 콘택층을 형성했다. N형 도전성을 가지는 클래드층과 P형 도전성을 가지는 클래드층 사이에 더블헤테로접합이 되는 Zn 도프  $InGaN$ 의 활성층을 형성했다. 사파이어기판 상에는 저온으로 질화갈륨반도체를 형성하고 버퍼층으로 이용했다. P형 질화물반도체층은 성장후 400℃ 이상의 고온에서 어닐링되어 있다.

각 반도체층을 성장한 후, 에칭으로 PN 각 반도체표면을 노출시킨 후, 스퍼터링으로 각 전극을 각각 형성하고, 이렇게 제작된 반도체 웨이퍼를 스크라이브라인을 그은 후, 외력을 가해서 분할시킴으로써 발광소자로서 발광소자를 형성했다.

은도금한 구리제 리드프레임의 선단에 칩을 가지는 마운트·리드에 발광소자를 에폭시수지로 다이본딩했다. 발광소자의 각 전극과 마운트·리드 및 인너·리드를 각각 직경이 30μm인 금선으로 와이어본딩해서 전기적으로 도통시켰다.

몰드부재는, 포탄형 형틀 내에 발광소자가 배치된 리드프레임을 삽입하고 투광성 에폭시수지를 혼입한 후, 150℃에서 5시간 경화시켜서 청색계 발광다이오드를 형성시켰다. 청색계 발광다이오드를 단면이 모두 연마된 아크릴성 도광판의 일단면에 접속시켰다. 아크릴판의 일표면 및 측면은 백색반사부재로서 티탄산바륨을 아크릴계 바인더 속에 분산시킨 것으로 스크린인쇄 및 경화시켰다.

한편, 포토루미네선스형광체는, 녹색계 및 적색계를 각각 필요로 하는 Y, Gd, Ce, La의 희토류원소를 화학량론비로 산에 용해시킨 용해액을 수산에서 공침시켰다. 이것을 소성해서 얻은 공침산화물과, 산화알루미늄, 산화갈륨을 혼합해서 혼합원료를 각각 얻는다. 여기에 프록스로서 불화알루미늄을 혼합해서 도가니에 넣고, 공기중 1400℃ 온도범위에서 3시간 소성해서 소성품을 얻었다. 소성품을 각각 수중에서 볼밀(ball mill)해서 세정, 분리, 건조, 마지막으로 체로 쳐서 형성했다.

상기와 같이 제작된 일반식  $Y_3(Al_{0.6}Ga_{0.4})_5O_{12} : Ce$ 로 표시되는 녹색계가 발광가능한 제1형광체 120중량부와, 동일한 방법으로 제작된 일반식  $(Y_{0.4}Gd_{0.6})_3Al_5O_{12} : Ce$  로 표시되는 적색계가 발광가능한 제2형광체 100중량부를 에폭시수지 100중량부와 잘 혼합해서 슬러리로 만들고, 이 슬러리를 두께 0.5mm인 아크릴층 상에 밀티

코터를 이용해서 균등하게 도포, 건조하여, 두께 약 30 $\mu$ m인 색변환부재로서 형광체막을 형성했다. 형광체층을 도광판의 주요발광면과 같은 크기로 절단해서 도광판 상에 배치하는 것에 의해, 평면형 발광장치를 제작했다. 상기와 같이 제작한 발광장치의 색도점, 연색성 지수를 측정한 결과, 색도점은 (x="0".29, y="0".34)이고, 연색성 지수(Ra)는 92.0으로 삼파장형 형광등에 가까운 성능을 나타냈다. 또, 발광효율은 12 lm(lumen)/w로 백색 전구와 비슷하다. 더욱이, 내후성 시험으로서의 실온 60mA 통전, 실온 20mA 통전, 60℃ 90%RH 하에서 20mA 통전의 각 시험에서도 형광체에 의한 변화는 관측되지 않았다.

#### (비교예2)

실시예9의 일반식  $Y_3(Al_{0.6}Ga_{0.4})_5O_{12} : Ce$  로 표시되는 녹색체가 발광가능한 제1형광체, 및 일반식  $(Y_{0.4}G_{0.6})_3Al_5O_{12} : Ce$  로 표시되는 적색체가 발광가능한 제2형광체로 이루어지는 포토루미네선스형광체 대신, 각각 페틸렌계 유도체(perylen-derivatives)인 녹색유기형광안료(신로이히(SINLOIHI)화학제 FA-001)와 적색유기형광안료(신로이히화학제 FA-005)를 사용하고 동량으로 혼합 교반한 것 외에는 실시예9와 동일한 방법으로 발광 다이오드를 제작했고 실시예9와 동일한 내후성시험을 실시했다. 제작한 비교예1의 발광다이오드의 색도점은 (x="0".34, y="0".35)였다. 내후성 시험으로, 카본 아크에서 자외선량을 200hr로 태양광의 1년분과 거의 동등하게 해서 시간에 따른 휘도 유지율 및 색조를 측정했다. 또, 신뢰성 시험으로서 발광소자를 발광시켜서 70℃의 일정 온도에서의 시간에 따른 발광 휘도 및 색조를 측정했다. 그 결과를 실시예9와 함께 도14 및 도15에 각각 도시한다. 도14, 도15에서 알 수 있듯이, 모든 시험에서 실시예9는 비교예2보다 열화가 적다.

#### (실시예10)

실시예10의 발광 다이오드는 리드타입의 발광 다이오드이다.

실시예10의 발광 다이오드에서는, 실시예9와 동일한 방법으로 제작한 450nm의  $In_{0.05}Ga_{0.95}N$ 의 발광층을 가지는 발광소자를 사용했다. 그리고, 은도금한 구리제 마운트·리드의 선단의 컵에 발광소자를 에폭시수지로 다이본딩하고, 발광소자의 각 전극과 마운트·리드 및 인너·리드를 각각 금선으로 와이어본딩해서 전기적으로 도통시켰다.

한편, 포토루미네선스형광체는, 일반식  $Y_3(Al_{0.5}Ga_{0.5})_5O_{12} : Ce$  로 표시되는 녹색체가 발광가능한 제1형광체와, 일반식  $(Y_{0.2}Gd_{0.8})_3Al_5O_{12} : Ce$  로 표시되는 적색체가 발광가능한 제2형광체를 각각 다음과 같이 제작해서 혼합해서 이용했다. 즉, 필요한 Y, Gd, Ce의 회토류원소를 화학량론비에 따라 산에 용해시킨 용해액을 수산에서 공침시켰다. 이것을 소성해서 얻은 공침산화물과, 산화알루미늄, 산화갈륨을 혼합해서 혼합원료를 각각 얻는다. 여기에 프록소로서 불화알루미늄을 혼합해서 도가니에 넣고, 공기중 1400℃의 온도에서 3시간 소성해서 각각 소성품을 얻었다. 소성품을 수중에서 볼밀(ball mill)해서 세정, 분리, 건조, 마지막으로 체로 쳐서 소정의 입자도를 가지는 제1, 제2형광체를 제작했다.

상기와 같이 제작된 제1형광체 및 제2형광체 각각 40중량부를 에폭시수지 100중량부에 혼합해서 슬러리로 만들고, 이 슬러리를 발광소자가 배치된 마운트·리드 상의 컵내에 주입했다. 주입후, 주입된 포토루미네선스형광체를 함유하는 수지를 130℃에서 1시간 동안 경화시켰다. 이렇게 해서 발광 소자 상에 두께 120 $\mu$ 의 포토루미네선스형광체가 함유된 코팅부재를 형성했다. 상기 코팅부재는, 발광소자에 가까울수록 포토루미네선스형광체의 양이 서서히 많아지도록 형성했다. 그후, 발광소자와 포토루미네선스형광체를 외부 용력, 수분 및 먼지 등으로부터 보호할 목적으로 몰드부재로서 투광성 에폭시수지를 형성했다. 몰드부재는, 포탄형 형틀 내에 포토루미네선스형광체의 코팅부가 형성된 리드프레임을 삽입하고 투광성 에폭시수지를 혼합한 후, 150℃에서 5시간 동안 경화시켜서 형성했다. 이렇게 제작된 실시예10의 발광 다이오드는, 발광 관측 정면에서 볼 때 포토루미네선스형광체의 보디칼라에 의해 중앙부가 황색을 띠도록 착색되어 있었다.

상기와 같이 제작된 실시예10의 발광 다이오드의 색도점, 색온도, 연색성 지수를 측정한 결과, 색도점은 (x="0".32, y="0".34)이고, 연색성 지수(Ra)="89".0, 발광효율은 10 lm(lumen)/w였다. 그리고 내후성 시험으로서의 실온 60mA 통전, 실온 20mA 통전, 60℃ 90%RH 하에서 20mA 통전의 각 시험에서도 포토루미네선스형광체에 의한 변화가 관측되지 않아 통상적인 청색계 발광 다이오드와 수명특성에 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

#### (실시예11)

LED 소자로서 발광 피크가 470nm인  $In_{0.4}Ga_{0.6}N$  반도체를 사용했다. 발광소자는, 세정시킨 사파이어기판 상에 TMG(트리메틸갈륨)가스, TMI(트리메틸인듐)가스, 질화가스 및 도펀트가스를 캐리어가스와 함께 흘리고, MOCV

D법으로 질화갈륨계화합물반도체를 성막해서 형성했다. 도펀트가스로  $\text{SiH}_4$  와  $\text{Cp}_2\text{Mg}$ 를 바꾸는 것에 의해 N형 도전성을 가지는 질화갈륨반도체와 P형도전성을 가지는 질화갈륨반도체를 형성해서 PN접합을 형성했다. LED 소자로는, N형도전성을 가지는 질화갈륨반도체인 콘택층, P형 도전성을 가지는 질화갈륨알루미늄반도체인 클래드층, P형도전성을 가지는 질화갈륨반도체인 콘택층을 형성했다. N형 도전성을 가지는 콘택층과 P형 도전성을 가지는 클래드층 사이에 두께 약 3nm인 인도프 InGaIn의 활성층을 형성함으로써 단일우물구조로 만들었다. 사파이어기판 상에는 저온으로 질화갈륨반도체를 버퍼층으로서 형성했다.

상기와 같이 각 층을 형성한 후, 에칭으로 PN 각 반도체표면을 노출시킨 후, 스퍼터링으로 p측 및 n측의 각 전극을 형성했다. 이렇게 제작된 반도체 웨이퍼를 스크라이브라인을 그은 후, 외력을 가해서 분할시켜 발광소자로서 발광소자를 형성했다.

상기 발광소자를 온도금한 구리제 마운트·리드의 킵에 에폭시수지를 이용해서 다이본딩했다. 발광소자의 각 전극과 마운트·리드 및 인너·리드를 각각 직경이 30 $\mu\text{m}$ 인 금선으로 와이어본딩해서 전기적으로 도통시켰다.

몰드부재는, 포탄형 형틀 내에 발광소자가 배치된 리드프레임을 삽입하고 투광성 에폭시수지를 혼입한 후, 150 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5시간 동안 경화시켜서 청색계발광다이오드를 형성했다. 청색계 발광다이오드를 단면이 모두 연마된 아크릴성 도광판의 일단면에 집속시켰다. 아크릴판의 일표면 및 측면은, 백색반사부재로서 티탄산바륨을 아크릴계 바인더 속에 분산시킨 것으로 스크린인쇄 및 경화시켜서 막 형태로 형성했다.

한편, 포토루미네선스형광체는, 일반식  $(\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$  로 표시되고 비교적 단파장측의 황색계가

발광가능한 형광체와, 일반식  $(\text{Y}_{0.4}\text{Gd}_{0.6})_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되고 비교적 장파장측의 황색계가 발광가능한 형광체를 다음과 같이 제작해서 혼합해서 이용했다. 이들 형광체는, 각각 필요한 Y, Gd, Ce의 희토류원소를 화학량론비에 따라 산에 용해시킨 용해액을 수산에서 공침시켰다. 이것을 소성해서 얻은 공침산화물과, 산화알루미늄, 산화갈륨을 혼합해서 혼합원료를 각각 얻는다. 여기에 프리크로서 불화알루미늄을 혼합해서 도가니에 넣고, 공기중 1400 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 3시간 소성해서 소성품을 얻었다. 소성품을 각각 수중에서 볼밀(ball mill)해서 세정, 분리, 건조, 마지막으로 체로 쳐서 형성했다.

상기와 같이 제작된 비교적 단파장측의 황색계 형광체 100중량부와 비교적 장파장측의 황색계 형광체 100중량부를 아크릴 수지 1000중량부와 잘 혼합해서 압출성형하여, 두께 180 $\mu\text{m}$ 의 색변환부재로 사용하는 형광체막을 형성했다. 형광체막을 도광판의 주요발광면과 같은 크기로 절단해서 도광판상에 배치하는 것에 의해, 발광장치를 제작했다. 이렇게 제작한 실시예11에 따른 발광장치의 색도점, 연색성 지수를 측정한 결과, 색도점은 ( $x=0.33, y=0.34$ )이고, 연색성 지수( $R_a$ )="88".0을 나타냈다. 또, 발광효율은 10 lm/w였다.

도22A, 도22B, 도22C에는 각각 실시예11에 사용된 식  $(\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$  로 표시되는 형광체, 식  $(\text{Y}_{0.4}\text{Gd}_{0.6})_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되는 형광체, 및 발광소자의 각 발광 스펙트럼을 나타낸다. 또, 도23에는 실시예11의 발광 다이오드의 발광 스펙트럼을 나타낸다. 더욱이, 내후성 시험으로서의 실온 60mA 통전, 실온 20mA 통전, 60 $^{\circ}\text{C}$  90%RH 하에서 20mA 통전의 각 시험에서도 형광체로 인한 변화는 관측되지 않았다. 마찬가지로, 이 형광체의 함유량을 여러가지로 변화시키는 것에 의해 발광소자로부터의 파장이 변화하더라도 원하는 색도점을 유지시킬 수 있다

(실시예12)

실시예12의 발광 다이오드는 포토루미네선스형광체로서 일반식  $\text{Y}_3\text{In}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ 로 표시되는 Al을 포함하지 않은 형광체를 사용하는 것 외에는 실시예1과 동일한 방법으로 발광 다이오드를 100개 제작했다. 실시예9의 발광 다이오드는, 휘도는 낮지만 수명시험에서 실시예1과 마찬가지로 우수한 내후성을 나타내었다.

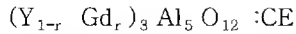
#### 발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본발명의 제조방법에 따라 제조되는 발광 다이오드는, 원하는 색을 가지는 광을 발광할 수 있고, 장시간 고휘도 사용에서도 발광효율의 열화가 적으며, 내후성에 뛰어나다. 따라서, 일반적인 전자기기에 한정되지 않고, 고신뢰성이 요구되는 자동차 적재용, 항공산업용, 항구내의 부표표시용 및 고속도로의 표식조명 등 옥외에서의 표시나 조명으로서 새로운 용도를 개척할 수 있다.

#### 청구의 범위

##### 청구항 1

하기식



으로 이루어지고, 상기 식에서  $0 \leq r \leq 1$ 이고 Al중 일부가 Ga 및/또는 In으로 치환될 수도 있는 형광 물질을 마련하는 단계;

슬러리를 만들기 위해 상기 형광 물질을 반투명 수지와 혼합하는 단계;

상기 슬러리를 청색 발광 다이오드 칩이 탑재되어 있는 마운트상에 주입하는 단계;

상기 형광 물질을 포함하고, 상기 발광 다이오드 칩을 직접 또는 간접적으로 피복하며, 흡수된 청색광의 것과 다른 파장의 광을 발생하는 피복물을 만들기 위해서, 상기 슬러리를 경화시키는 단계를 구비하여, 상기 피복물에 의해 발생된 광과 상기 피복물에 흡수되지 않은 상기 청색 발광 다이오드 칩으로부터 나온 광의 조합이 백색광을 만들도록 함을 특징으로하는 백색 발광 장치의 제조 방법.

## 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 형광 물질은 물에서 볼 밀(ball mill)로 분쇄하고, 세척, 분리, 건조 및 체로 거르는 공정에 의해 제조되는 백색 발광 장치의 제조 방법.

## 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 형광 물질을 혼합하는 단계는 둘 이상의 다른 형광체를 반투명 수지와 혼합함으로써 수행되는 백색 발광 장치의 제조 방법.

## 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 슬러리를 마운트상에 주입하는 단계는 두 단계 이상으로 형광체와 수지의 혼합 비율이 다른 슬러리들을 이용함으로써 수행되는 백색 발광 장치의 제조 방법.

## 청구항 5

제1항 내지 제4항중 어느 한 항에 있어서,

상기 청색 발광 다이오드 칩은 사파이어, 스핀넬, SiC, Si 및 ZnO로 이루어진 군으로부터 선택되는 물질로 제조되는 백색 발광 장치의 제조 방법.

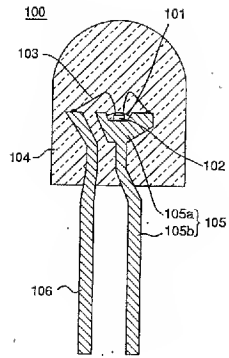
## 청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

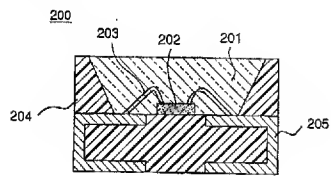
상기 마운트에는 Ag를 함유한 에폭시 수지에 의해 청색 발광 다이오드가 부착되어 있고 상기 슬러리가 주입될 컵이 설치되는 백색 발광 장치의 제조 방법.

도면

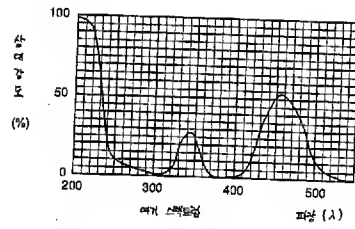
도면1



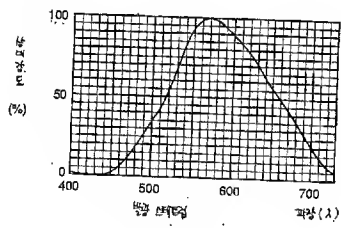
도면2



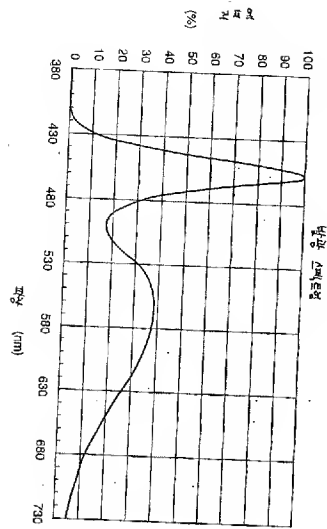
도면3a



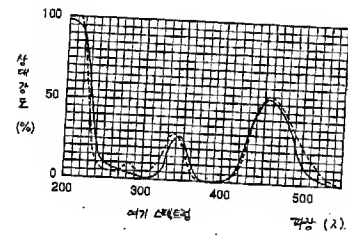
도면3b



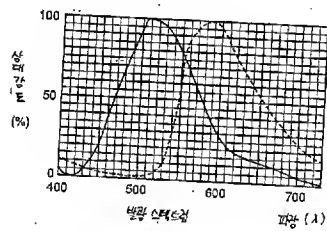
도면4



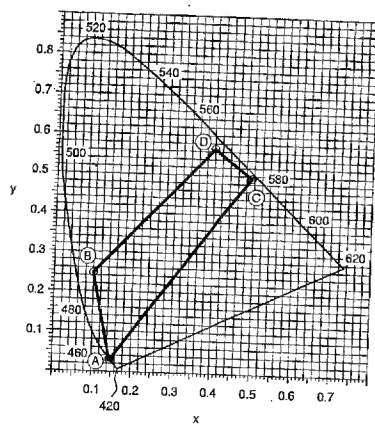
도면5a



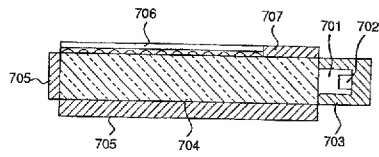
도면5b



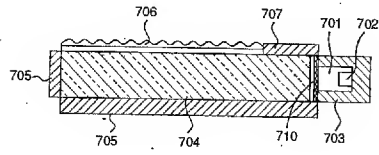
도면6



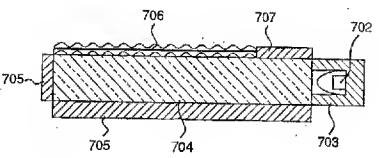
도면7



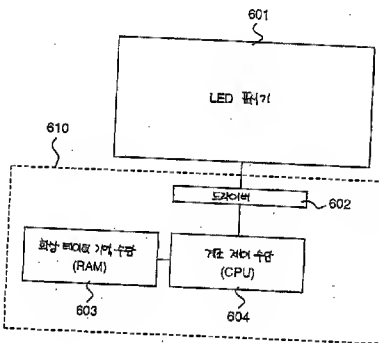
도면8



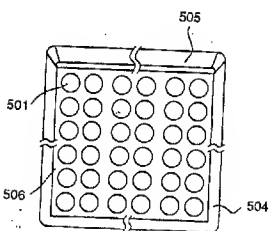
도면9



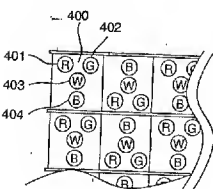
도면10



도면11

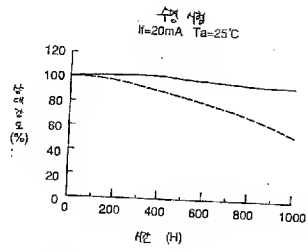


도면12

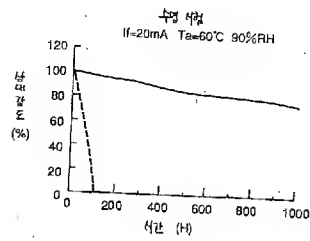




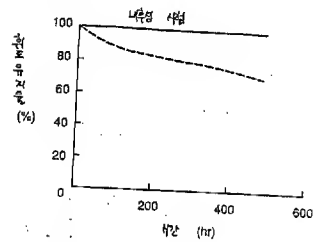
도면13a



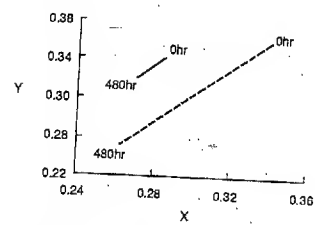
도면13b



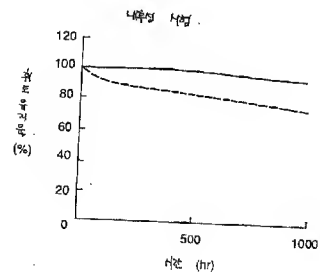
도면14a



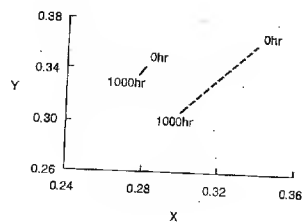
도면14b



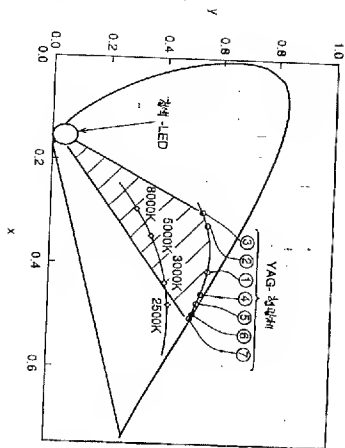
도면15a



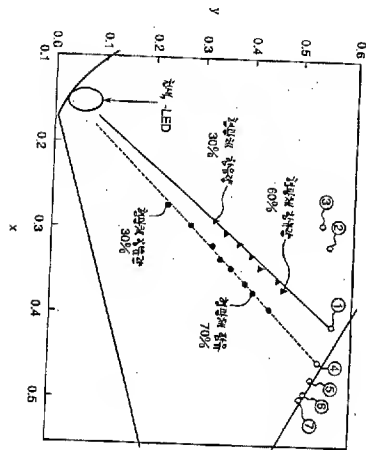
도면15b



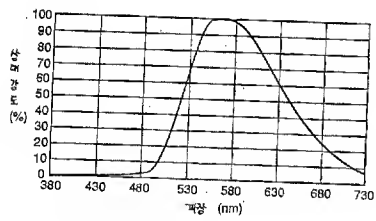
도면16



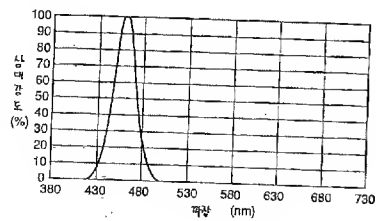
도면17



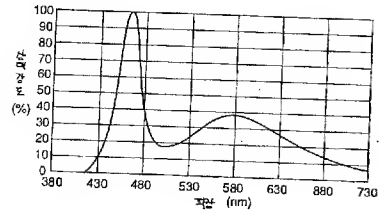
도면18a



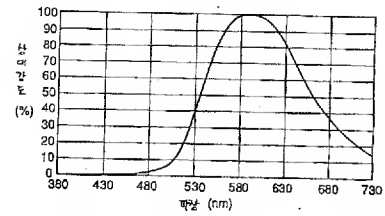
도면18b



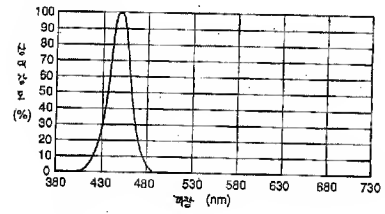
도면18c



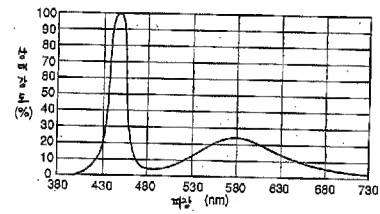
도면19a



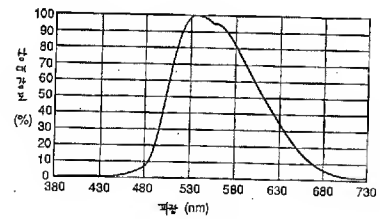
도면19b



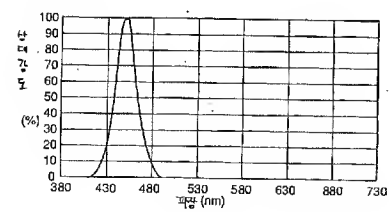
도면19c



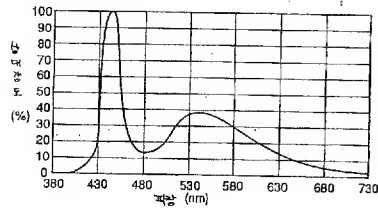
도면20a



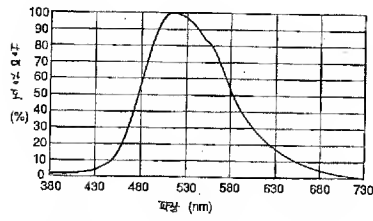
도면20b



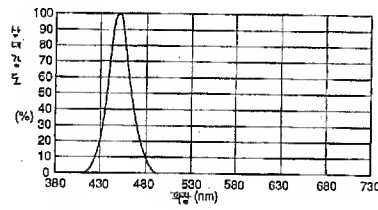
도면20c



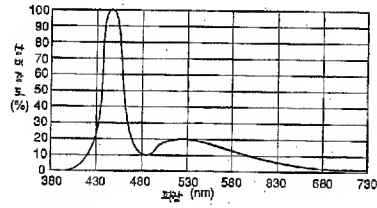
도면21a



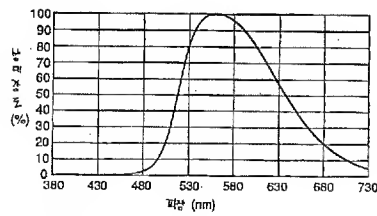
도면21b



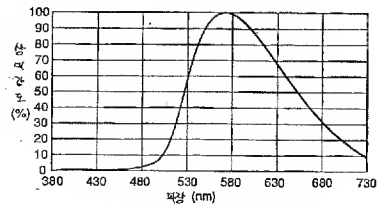
도면21c



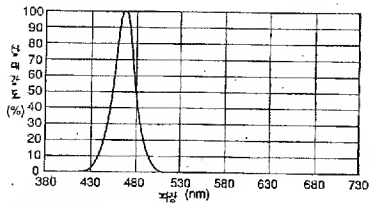
도면22a



도면22b



도면22c



도면23

